

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VANESSA KARINA NARDI

PRODUÇÃO DE EFLUENTE E BALANÇO DE NUTRIENTES EM GRANJAS DE
TERMINAÇÃO DE SUÍNOS NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ

CURITIBA
2009

VANESSA KARINA NARDI

PRODUÇÃO DE EFLUENTE E BALANÇO DE NUTRIENTES EM GRANJAS DE
TERMINAÇÃO DE SUÍNOS NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias.

Orientador: Prof. Dr. Marson Bruck Warpechowski.

Co-orientador: Prof. Dr. Vladimir de Oliveira.

CURITIBA
2009

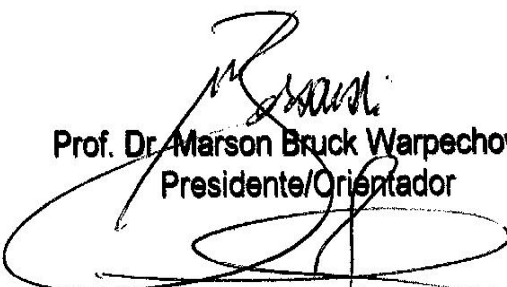
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS




PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada **"PRODUÇÃO DE EFLUENTE E BALANÇO DE NUTRIENTES EM GRANJAS DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS NO OESTE DO ESTADO DO PARANÁ"** apresentada pela Mestranda VANESSA KARINA NARDI, declara ante os méritos demonstrados pela Candidata, e de acordo com o Art. 78 da Resolução nº 62/03-CEPE/UFPR, que considerou a candidata Apta para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Produção Animal.

Curitiba, 19 de fevereiro de 2009.


Prof. Dr. Marson Bruck Warpechowski
Presidente/Orientador


Prof. Dr. Antonio João Scandolera
Membro


Dr. Paulo Armando Victória de Oliveira
Membro

Muitos são meus sentimentos pelo longo caminho percorrido até aqui...
... pela eterna saudade de meus pais amados, sempre distantes.
*... a meu pai Eloir, a minha mãe Neli, pelo carinho, força, compreensão e por
terem feito sempre o possível pela minha formação.*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me dado forças para vencer mais um obstáculo, por ter me feito forte, não permitindo que as dificuldades me fizessem desistir.

A meus pais, Eloir e Neli, pela força, dedicação e aconchego que sempre me ofereceram.

Ao professor Marson Bruck Warpechowski, pela orientação, paciência, opiniões e sugestões que contribuíram muito para a realização do trabalho, em que dedicou seu tempo compartilhando seu conhecimento para meu crescimento profissional e pessoal.

Aos professores Vladimir de Oliveira e Antonio João Scandolera pela orientação e por se apresentarem sempre dispostos a colaborar.

A Cooperativa Agroindustrial Copagril por permitir a execução do trabalho nas granjas de seus cooperados.

Aos proprietários das granjas por abrirem suas portas para a realização das coletas, pela colaboração e confiança.

Aos amigos Eduardo Ferreira e Rodrigo Küll e pela valiosa ajuda na indicação das granjas.

Aos amigos Lu e Juahil pela ajuda na realização das análises e companheirismo ao longo destes 2 anos.

Aos estagiários e amigos Josi, Tati, Ronan, Gustavo, Lucas, Vinícius, Janayna, Carlos e Alessandra pela contribuição em todas as etapas do projeto.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da UFPR e a amiga Fran pela colaboração na realização das análises laboratoriais.

As sempre amigas Rosiane e Jú pela convivência, paciência, amizade e pelos várias galinhadas em ótima companhia.

A minha família, em especial meus tios Dirce e Gilson, pelo apoio e ajuda que sempre me ofereceram.

A CAPES pela bolsa concedida que tanto contribuiu para que fosse possível a realização do mestrado.

Muito obrigada!

RESUMO

O objetivo geral foi integrar e avaliar modelos de cálculo da produção de efluentes e do balanço de nutrientes em granjas de terminação de suínos. Na primeira fase do projeto foram avaliados métodos de coleta de amostras de efluentes, utilizando duas esterqueiras interligadas de granja de terminação. No Método 1 foram coletadas amostras líquidas igualmente espaçadas ao redor de cada esterqueira. No Método 2 as amostras incluíam o líquido e o perfil de sedimentação, sendo cada esterqueira dividida em quatro quadrantes dentro dos quais se coletou em três regiões (Borda, Intermédio e Centro). Não houve interação entre Esterqueira e Método/Região de coleta para nenhuma das variáveis estudadas ($P > 0,37$), exceto para o resíduo mineral (RM) ($P < 0,05$). Os níveis de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), RM ($P < 0,001$) e P ($P = 0,071$) foram mais elevados com o Método 2, com diferenças entre esterqueiras para o teor de RM em cada região de coleta ($P < 0,001$). A predição do P (ppm) a partir do RM (g/kg) resultou em intercepto comum de 14,21 e inclinação de 45,08 para a Esterqueira 1 ($r^2 = 0,85$, $P < 0,001$) e 56,27 para a Esterqueira 2 ($r^2 = 0,89$, $P < 0,001$). Na segunda fase do projeto foram coletadas quatro amostras de efluente, fezes e ração, além de mensuração de precipitação e consumo de água e ração, durante a produção de um lote de terminação em cada uma de quatro granjas de terminação com diferentes condições construtivas e de manejo (A e B, adequadas; C e D, inadequadas). O gasto de água foi de 12,94, 9,05, 19,56 e 22,05, a quantidade de água pluvial adicionada na esterqueira foi de 0,85, 1,13, 3,88 e 7,98 e o volume total de efluente produzido foi de 6,67, 5,22, 8,65 e 14,23 L/suíno/dia para as granjas A, B, C e D, respectivamente. O volume de efluente produzido classificou as granjas em $B < A = C < D$ ($P < 0,001$), com classificação oposta para os teores de MS, MO, RM e P ($P < 0,013$), sendo a quantidade de água no efluente a maior causa da variação. O custo de transporte de efluente foi de 2,34, 1,83, 3,03 e 4,99 R\$/suíno/ano e a estimativa de produção de biogás em um lote foi de 9,58, 10,92, 8,75 e 7,92 kg/suíno para as granjas A, B, C e D, respectivamente. Na terceira fase do projeto, foram integrados diversos modelos matemáticos para calcular o volume e a concentração de efluentes das granjas avaliadas, em função do consumo, retenção e excreção de água e nutrientes e de fatores climáticos e construtivos. Dos fatores climáticos, apenas a temperatura média (T) explicou parcialmente a diferença entre valores calculados e medidos ($P = 0,007$), sem interação com o tipo de granja ($P = 0,387$). Essa diferença expressa com base na superfície exposta do efluente em cada granja (L/suíno/dia/m²), foi explicada pela T conforme a equação $Y = 42,741 - 1,343 \times T$ ($r^2 = 0,30$; $EPR = 6,33$; $P = 0,029$). A inclusão da temperatura no modelo diminuiu o erro médio de predição para 0,0125 L/suíno/dia e eliminou o viés (teste t; $P < 0,98$). Foi possível concluir que: há necessidade de planejamento individual do número e distribuição de pontos para coleta em amostragem direta de esterqueiras e que a relação entre os elementos de composição do efluente é variável; a pluviometria local e as características construtivas das granjas devem ser consideradas para o dimensionamento de esterqueiras, cálculo do custo com transporte do fertilizante e/ou para produção de biogás; a modelagem com base em aspectos biológicos, estruturais e climáticos pode oferecer estimativa da produção de efluente com precisão e exatidão aceitáveis.

Palavras-chave: Água. Amostragem. Balanço. Efluente. Modelagem. Suíno.

ABSTRACT

The general objective was to integrate and evaluate models for calculating effluent production and nutrients balance in finishing pig farms. In the first phase of the research, a method of effluent sampling using two connected storage tank of a finishing pig farm in Toledo, PR, was evaluated. In the Method 1, 6 liquid samples equally spaced were collected around each tank. In Method 2, each tank was divided in four quadrant, in each one concomitant samples of the liquid and the sediment profile were collected in three regions (Edge, Intermediate and Central). There was no significant interaction Tank vs. Method/region of sampling for any studied variable ($P>0.37$), except for the mineral residue (MR; $P<0.05$). Levels of dry mater (DM), organic mater (OM), MR ($P<0.001$) and P ($P=0.071$) were higher with Method 2, with differences between tanks for the MR content in each region ($P<0.001$). Prediction of the P (ppm) by the MR (g/kg) resulted in a common intercept of 14.21 and slopes of 45.08 for Tank 1 ($r^2=0.85$, $P<0.001$) and 56.27 for Tank 2 ($r^2=0.89$, $P<0.001$). In the second phase of the research, four samples of faeces, feed and effluent, as well as the rainfall, the water and the feed intake, were measured during a lot production in each one of four finishing pig production in Marechal Cândido Rondon, PR, that have differences in constructive and management characteristics (A and B, adequate; C and D, inadequate). Water expense was 12.94, 9.05, 19.56 and 22.05, pluvial water added to the tanks was 0.85, 1.13, 3.88 and 7.98, and total effluent produced was 6.67, 5.22, 8.65 e 14.23 L/pig/day to the farms A, B, C e D, respectively. By the produced effluent, farms were classified as $B<A=C<D$ ($P<0.001$), with opposed classification for the DM, OM, MR and P effluent concentration ($P<0.013$), being the added water in the effluent the principal cause of the variation. The effluent transport cost was 2.34, 1.83, 3.03, 4.99 R\$/pig/year and the estimated biogas production by lot was 9.58, 10.92, 8.75 e 7.92 kg/pig to the farms A, B, C e D, respectively. In the third phase of the research, several mathematical models were integrated to calculate the effluent volume and concentration for the evaluated farms, as function of intake, retention and excretion of water and nutrient, as well as climatic and constructive factors. Among the climatic factors, only the average temperature (T) partially explained the difference between the measured and calculated values ($P=0.007$), with no interaction with the farm classification ($P=0.387$). That difference, as based on the exposed effluent surface in each farm (L/pig/day/m²), was explained by T according the equation $Y = 42,741 - 1.343 \times T$ ($r^2=0.30$; $EPR=6.33$; $P=0.029$). Inclusion of the T variable in the model reduced the prediction average error to 0.0125 L/pig/day and eliminated the bias (t test; $P>0.98$). It was possible to conclude that: it is necessary to have individually planning of the collection point number and distribution for direct tank sampling and the relationship between effluent composition elements is not constant; the local rainfall and the farm constructive characteristics should be considered for tank building, effluent transport calculation and for biogas production estimate; modeling based in biological, building an environmental aspects could offer effluent production estimates with acceptable precision and exactness.

Key words: Balance. Effluent. Modeling. Pig. Sampling. Water.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - ESQUEMA DE PLANEJAMENTO DAS REGIÕES DE AMOSTRAGEM DAS ESTERQUEIRAS PARA AS COLETAS DO MÉTODO 2	16
FIGURA 2 - PREDIÇÃO DO TEOR DE FÓSFORO A PARTIR DO TEOR DE RESÍDUO MINERAL EM AMOSTRAS DE EFLUENTES, DADOS COM BASE NA MATÉRIA SECA.....	19
FIGURA 3 - GASTO DE ÁGUA E VOLUME DE EFLUENTE (L/SUÍNO/DIA) DE QUATRO GRANJAS DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS	32
FIGURA 4.- PRODUÇÃO DE EFLUENTE CALCULADA ACUMULADA DURANTE UM LOTE (M ³ /SUÍNO)	48

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - MÉDIAS E DESVIO PADRÃO DE MATÉRIA SECA (MS), MATÉRIA ORGÂNICA (MO), RESÍDUO MINERAL (RM) E FÓSFORO TOTAL (P) EM AMOSTRAS DE EFLUENTES.....	18
TABELA 2 - DADOS DE UM LOTE MISTO DE QUATRO GRANJAS TERMINADORAS DE SUÍNOS UTILIZADAS COMO FONTE DE ESTUDO	25
TABELA 3 - NÍVEIS NUTRICIONAIS DAS RAÇÕES	27
TABELA 4 - COMPOSIÇÃO ANALISADA E CONSUMO DAS RAÇÕES, COM BASE NA MATÉRIA NATURAL	27
TABELA 5 - PRECIPITAÇÃO TOTAL NO PERÍODO DE ALOJAMENTO (PLUVIÔMETRO) E FRAÇÃO ADICIONADA AO EFLUENTE PROVENIENTE DA ÁREA DE TELHADO (CONSIDERANDO-SE 80%), CANALETA E ESTERQUEIRA	31
TABELA 6 - PRODUÇÃO MÉDIA DE EFLUENTE E TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA, RESÍDUO MINERAL, MATÉRIA ORGÂNICA, FÓSFORO E NITROGÊNIO NO EFLUENTE	33
TABELA 7 - VALORES MÉDIOS E VARIAÇÕES* DOS TEORES DE MATÉRIA SECA (MS), RESÍDUO MINERAL (RM), MATÉRIA ORGÂNICA (MO), NITROGÊNIO (N) E FÓSFORO (P) DE EFLUENTE SUINÍCOLA, SEGUNDO DADOS DE LITERATURA (%).....	35
TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS E CUSTOS PARA A APLICAÇÃO DE EFLUENTE COMO FERTILIZANTE CALCULADOS COM BASE EM UM ANO.....	36
TABELA 9 - ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES DE METANO (CH ₄ - 60%) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO ₂ - 38%) EM EFLUENTES DE UM LOTE.....	37
TABELA 10 - VALORES CALCULADOS DE ÁGUA EVAPORADA (Φ_{vap}), ÁGUA METABÓLICA PRODUZIDA (H ₂ O _{met}), ÁGUA RETIDA (H ₂ O _{ret}), ÁGUA INGERIDA (H ₂ O _{ing}) PELO SUÍNO E ÁGUA TOTAL NO EFLUENTE (V _{age} , BALANÇO DE ÁGUA)	49
TABELA 11 - MÉDIAS DE EFLUENTE CALCULADO, MEDIDO, CALCULADO CORRIGIDO E A DIFERENÇA ENTRE EFLUENTE MEDIDO E CALCULADO CORRIGIDO.....	50

TABELA 12 -TEORES DE MATÉRIA SECA, RESÍDUO MINERAL E MATÉRIA
ORGÂNICA INGERIDOS, RETIDOS, EXCRETADOS E NO
EFLUENTE MEDIDO50

TABELA 13 -TEORES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO INGERIDOS, RETIDOS,
EXCRETADOS, NA URINA E NO EFLUENTE MEDIDO.....51

LISTA DE ABREVIATURAS

RM	- resíduo mineral
MS	- matéria seca
MO	- matéria orgânica
MO _f	- matéria orgânica fermentada
CDMO	- coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica
MO _i	- matéria orgânica ingerida
T	- temperatura ambiente
T _e	- temperatura do efluente
EPR	- erro padrão residual
E _{cal}	- efluente calculado
V _{age}	- volume de água do efluente
F _t	- total de fezes
P _{tce}	- precipitação
H ₂ O _{ing}	- soma da água ingerida e da água proveniente da ração
H ₂ O _{ret}	- água retida no corpo do animal
Φ _{vap}	- vapor de água produzido
H ₂ O _{met}	- água metabólica produzida
P _{ret}	- proteína retida
P _{VV}	- peso vivo vazio
MUS	- músculo
P _V	- peso vivo
Q _{lan}	- calor latente produzido
L _v	- calor latente de vaporização
Q _{tan}	- calor total produzido
Q _{san}	- calor sensível
W/animal	- watt por animal
M	- massa
ΦCO ₂	- produção de dióxido de carbono

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - COMPARAÇÃO DE DUAS METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM DE EFLUENTE DE SUINOCULTURA ARMAZENADO EM ESTERQUEIRA	12
1.1 INTRODUÇÃO	13
1.2 MATERIAL E MÉTODOS	14
1.2.1 Caracterização do local	14
1.2.2 Metodologias utilizadas para amostragem	15
1.2.3 Análises laboratoriais	16
1.2.4 Delineamento experimental e análise estatística	17
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
1.4 CONCLUSÕES	20
REFERÊNCIAS	20
CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES DE GRANJAS DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS COM DIFERENTES CONDIÇÕES CONSTRUTIVAS E DE MANEJO	22
2.1 INTRODUÇÃO	23
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	25
2.2.1 Aspectos construtivos das instalações	25
2.2.2 Coletas	27
2.2.3 Cálculos	28
2.2.4 Análises estatísticas	30
2.2.5 Análises laboratoriais	30
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
2.3.1 Contribuição da precipitação	30
2.3.2 Gasto de água	31
2.3.3 Produção e características dos efluentes	33
2.3.4 Custo de aplicação do efluente como fertilizante	35
2.3.5 Estimativa de produção de biogás	36
2.4 CONCLUSÕES	37
REFERÊNCIAS	37
CAPÍTULO 3 – APLICAÇÃO DE MODELOS DE PRODUÇÃO DE EFLUENTE E BALANÇOS DE NUTRIENTES EM GRANJAS DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS COM DIFERENTES CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E DE MANEJO	41
3.1 INTRODUÇÃO	42
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	43
3.2.1 Produção de efluente	44
3.2.2 Balanço de nutrientes	46
3.2.3 Análises estatísticas	47
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	47
3.4 CONCLUSÕES	52
3.5 AGRADECIMENTO	53
REFERÊNCIAS	53
CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
APÊNDICES	58
VITA	65

INTRODUÇÃO

Os efluentes de suinocultura são úteis para uso como fertilizante agrícola, pois concentram nutrientes prontamente disponíveis.

Porém, durante a armazenagem em esterqueiras apresentam baixa homogeneidade causada principalmente pela rápida decantação dos sólidos presentes devido as alterações que ocorrem durante a armazenagem que modificam a composição da fração líquida e dos sedimentos sólidos. A falta de homogeneidade nas esterqueiras dificulta a amostragem representativa.

Além disso, diversos fatores contribuem para a grande variação das características físico-químicas de efluentes como a digestibilidade dos alimentos consumidos, a idade do animal, o uso ou não de lâmina de água, aspectos construtivos, desperdícios de água em bebedouros e no manejo de higienização e vazamentos em redes hidráulicas que aumentam sua diluição, acarretando em diminuição do valor fertilizante (ou como substrato para biodigestão), além de elevação dos custos de coleta, armazenagem, tratamento, transporte e distribuição.

Porém, a Legislação Ambiental do Paraná adota valores de referência fixos em termos de quantidade e composição do efluente de acordo com a fase de produção do animal, não considerando as infiltrações de água da chuva e possíveis desperdícios por manejo, bebedouros e tubulações.

Tendo conhecimento da importância da composição de resíduos de suinocultura, no capítulo 1 comparou-se duas metodologias de amostragem de efluente de suinocultura armazenados em esterqueira. No capítulo 2 foi abordada a influência das condições construtivas e de manejo, o gasto de água e a contribuição de água da chuva sobre a quantidade e a qualidade do efluente produzido, bem como as consequências sobre os custos de transporte e o seu potencial para produção de biogás. O capítulo 3 apresenta os balanços de matéria seca, resíduo mineral, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, além do cálculo de estimativa da produção de efluente de granjas comerciais de terminação.

CAPÍTULO 1 - COMPARAÇÃO DE DUAS METODOLOGIAS DE AMOSTRAGEM DE EFLUENTE DE SUINOCULTURA ARMAZENADO EM ESTERQUEIRA

RESUMO - Foram utilizados dois métodos de coleta de amostras para a caracterização de efluentes de suinocultura em fase de terminação, em duas esterqueiras interligadas. No Método 1, de referência, foram coletadas 6 amostras líquidas igualmente espaçadas ao redor de cada esterqueira. No Método 2 as amostras incluíam o líquido e o perfil de sedimentação, sendo cada esterqueira dividida em quatro quadrantes dentro dos quais se coletou em três regiões entre a borda e o centro da mesma (Borda, Intermédio e Centro), resultando em 12 amostras. Não houve interação entre Esterqueira e Método/Região de coleta para nenhuma das variáveis estudadas ($P > 0,37$), exceto para o resíduo mineral (RM; $P < 0,05$). Os níveis de matéria seca (MS), matéria orgânica (MO), RM ($P < 0,001$) e P ($P = 0,071$) foram mais elevados com o Método 2 e, em geral, mais elevados na região do Intermédio que do Centro ($P < 0,001$), com diferenças entre esterqueiras para o teor de RM em cada região ($P < 0,001$). A predição do P (ppm) a partir do RM (g/kg) resultou em intercepto comum de 14,21 e inclinação de 45,08 para a Esterqueira 1 ($r^2 = 0,85$, $P < 0,001$) e de 56,27 para a Esterqueira 2 ($r^2 = 0,89$, $P < 0,001$). Ficou caracterizada a possibilidade de grande variação no padrão de sedimentação em esterqueiras, o que torna necessário o planejamento individual do número e distribuição de pontos para coleta em amostragem direta de esterqueiras, e que a relação entre os elementos de composição do efluente é variável e os fatores de influência precisam ser melhor estudados.

Palavras-chave: Coleta. Resíduo. Sistema de armazenamento. Suíno.

CHAPTER 1 - COMPARED OF THE TWO SAMPLING METHODS PIG PRODUCTION EFFLUENT STORAGE TANK

ABSTRACT - Two sampling methods were used for characterization of finishing pig effluents in two connected storage tank. In Method 1, reference, 6 liquid samples equally spaced were collected around each tank. In Method 2, each tank was divided in four quadrant, in each one concomitant samples of the liquid and the sediment profile were collected in three regions between the edge and the central region (Edge, Intermediate and Central), resulting 12 samples. There was no significant interaction Tank vs. Method/region of sampling for any studied variable ($P > 0.37$), except for the mineral residue (MR; $P < 0.05$). Levels of dry mater (DM), organic mater (OM), MR ($P < 0.001$) and P ($P = 0.071$) were higher with Method 2 and, in general way, higher in the Intermediate region than in the Center of the storage tank ($P < 0,001$), with differences between tank for the MR content in each region ($P < 0.001$). Prediction of the P (ppm) by the RM (g/kg) resulted in a common intercept of 14.21 and slopes of 45.08 for Tank 1 ($r^2 = 0.85$, $P < 0.001$) and 56.27 for Tank 2 ($r^2 = 0.89$, $P < 0.001$). It characterized the possibility of wide variation in the sedimentation pattern of tank, which makes it is necessary to have individually planning of the collection point number and distribution for direct tank sampling, and

that is necessary to have individually planning of the collection point number and distribution for direct tank sampling and the relationship between effluent composition elements is not constant and the influence factors need is study better.

Key words: Collect. Pig. Slurry .Storage facilities.

1.1 INTRODUÇÃO

Na região Sul concentra-se mais de 47% do rebanho suíno Brasileiro, somando aproximadamente 17 milhões de cabeças, sendo que o estado do Paraná contribui com 28% do plantel da região Sul, em que a microrregião de Toledo aparece como a de maior concentração de animais, com mais de 400 mil. (IBGE, 2007). Considerando a produção média de efluentes de 2,5 m³ por suíno/ano (KONZEN, 1983), estima-se que sejam gerados no estado mais de 11 milhões de m³/ano. Deste, mais de um milhão de m³/ano produzidos somente na microrregião de Toledo.

Os efluentes são potencialmente úteis para uso como fertilizante agrícola por concentrarem nutrientes prontamente disponíveis. O valor fertilizante do resíduo para aplicação no solo é baseado na concentração de nutrientes, como o nitrogênio, fósforo e potássio, sendo o nitrogênio o mais frequentemente utilizado nos cálculos como fator determinante do seu aproveitamento (SOUZA et al., 2003). Para DIESEL et al. (2002), dentre as características mais importantes estão a matéria seca, que indica o grau de diluição e o valor fertilizante, e a densidade, que estaria relacionada com os teores de matéria seca e N, P e K.

A concentração de nutrientes nos resíduos não é constante, e está relacionada com a qualidade dos alimentos consumidos e a idade dos animais, além de outros fatores relacionados com as instalações e o manejo na granja (KONZEN, 1983; SCHERER et al., 1996; KUNZ e PALHARES, 2004). De acordo com OLIVEIRA (2002), citado por SOUZA et al. (2003), a quantidade de fósforo excretada nos efluentes varia principalmente em função do consumo de alimento e digestibilidade dos nutrientes.

Os efluentes armazenados apresentam baixa homogeneidade causada principalmente pela rápida decantação dos sólidos presentes (KUNZ e PALHARES, 2004). Além disso, segundo os mesmos autores, as alterações químicas e biológicas

que ocorrem durante a armazenagem modificam a composição da fração líquida e dos sedimentos sólidos, o que dificulta a obtenção de amostras representativas do total armazenado.

Apesar da importância do conhecimento da composição de efluentes de suinocultura (KUNZ e PALHARES, 2004), são poucos os trabalhos que citam metodologias de amostragem. KOLLING (2006) e ULKOSKI (2006) descreveram o uso de uma válvula de retenção de PVC para coleta apenas do material líquido de esterqueiras e também a utilização de um agitador mecânico para a homogeneização do material antes da coleta. BERTHIAUME et al. (2005) utilizaram um tubo plástico de 1m de comprimento com 4cm de diâmetro para a coleta de efluentes a cada metro de profundidade da esterqueira. A Agência de Proteção Ambiental dos EUA recomenda a agitação do efluente líquido para posterior coleta de forma semelhante aos métodos citados nos artigos anteriores (EPA, 2007).

KUNZ e PALHARES (2004) citam que para uma amostragem representativa de todo o material presente, as coletas deveriam ser realizadas no momento em que o sistema de armazenamento está sendo esvaziado. Entretanto, o procedimento recomendado por esses autores não permitiria o conhecimento da composição durante a armazenagem.

O objetivo do trabalho foi comparar duas metodologias de amostragem de efluente por meio da caracterização de resíduos de suínos armazenados em esterqueiras.

1.2 MATERIAL E MÉTODOS

1.2.1 Caracterização do local

O trabalho foi realizado em uma granja de terminação de suínos, com capacidade para 3.000 animais, localizada no distrito de Três Bocas, no município de Toledo, PR. O sistema de armazenamento era composto por duas esterqueiras de terra compactada, interligadas e com alimentação contínua. A primeira esterqueira (Esterqueira 1), na qual desaguavam os efluentes provenientes das instalações, apresentava 11 m de comprimento por 6m de largura, enquanto a

segunda (Esterqueira 2), que era alimentada pela primeira, apresentava 20 m por 8 m. Ambas as esterqueiras possuíam 1,50 m de profundidade.

1.2.2 Metodologias utilizadas para amostragem

A metodologia de referência (Método 1) foi realizada de acordo com a descrição de KOLLING (2006), utilizando uma válvula de retenção de PVC $\frac{3}{4}$ " ("válvula de poço") acoplada a um tubo de PVC de 1,5 m de comprimento para coleta de material líquido. O equipamento foi introduzido superficialmente na esterqueira e, com movimentos de agitação vertical, a fase líquida entravam no tubo e ficava retida pela válvula. Foram coletadas seis amostras em diferentes locais igualmente espaçados ao redor de cada uma das duas esterqueiras. Em cada coleta o material era colocado em um recipiente plástico e retirada uma amostra de 300 mL.

Na metodologia proposta (Método 2) a amostragem foi realizada com um tubo de PVC de 2,5 cm de diâmetro e três metros de comprimento, que foi introduzido verticalmente até o fundo da esterqueira, amostrando tanto o líquido quanto o perfil de sedimentação no local. O sedimento, que se concentrava na extremidade do tubo, impedia a saída do líquido e sólido coletados. Para o planejamento dos pontos de coleta, cada esterqueira foi dividida em quatro quadrantes, dentro dos quais foram distribuídos quatro pontos de coleta, sendo um próximo à borda da esterqueira (Borda), um próximo ao centro (Centro) e dois nas laterais de cada quadrante (Intermédio), em posição intermediária entre a borda e o centro da esterqueira, conforme FIGURA 1. Em cada ponto foram retiradas três amostras simples que em seguida foram homogeneizadas formando a amostra composta e desta retirada aproximadamente 300 mL. As amostras das laterais de cada quadrante foram misturadas formando uma única composta, resultando em três amostras por quadrante e 12 por esterqueira.

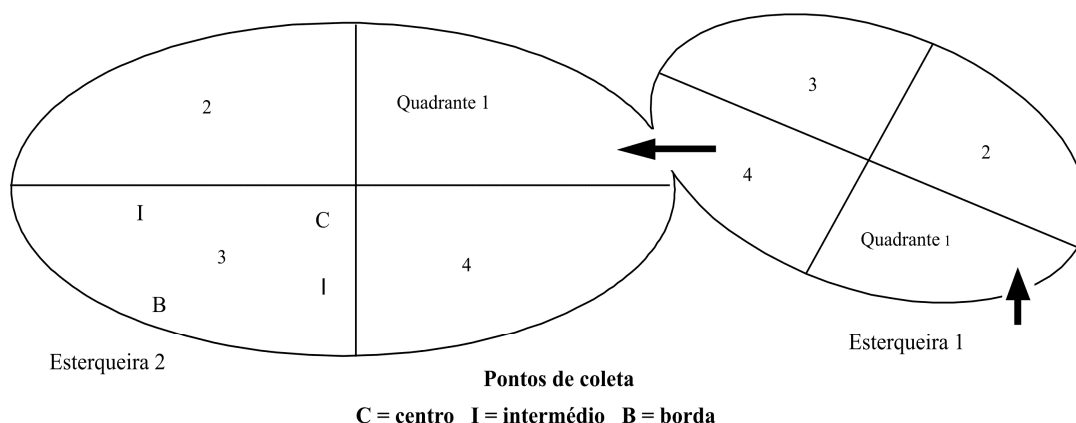


FIGURA 1 - ESQUEMA DE PLANEJAMENTO DAS REGIÕES DE AMOSTRAGEM DAS ESTERQUEIRAS PARA AS COLETAS DO MÉTODO 2

1.2.3 Análises laboratoriais

As amostras foram acondicionadas em potes plásticos com tampa de pressão e receberam adição de 10 mL de água sanitária (2,0 a 2,5% p/p de hipoclorito de sódio), para estancar o processo fermentativo. Em seguida, foram acondicionadas em caixas térmicas com gelo para transporte até serem armazenadas em freezer, onde permaneceram até o momento das análises no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal do Paraná.

As amostras foram descongeladas ainda fechadas, durante uma noite, para pré-secagem em recipientes de alumínio, em estufa de ventilação forçada a 65°C por 48 horas. As amostras parcialmente secas foram moídas em Graal e foi então determinada a matéria seca (MS), após secagem em estufa de ar forçado a 105°C durante 3 horas, e o resíduo mineral (RM), após queima em mufla a 600°C por 3 horas. A matéria orgânica (MO) foi determinada por diferença entre a MS e o RM. A adição de água sanitária foi considerada para correção dos valores de MS. O RM foi utilizado para determinação de P, por titulometria, de acordo com AOAC (1995). Devido a quantidade insuficiente de RM, as amostras obtidas pelo Método 1 formaram uma única amostra composta para a análise de P para cada uma das esterqueiras. Todos os resultados foram expressos com base na matéria natural.

1.2.4 Delineamento experimental e análise estatística

Para a realização das análises estatísticas foram consideradas como quatro tratamentos distintos, o Método 1 e os três locais de coleta por quadrante do Método 2 (Borda, Intermédio e Centro), com 4 repetições por esterqueira para os locais de coleta do Método 2 e 6 repetições por esterqueira do Método 1 (com exceção para P, com uma repetição por esterqueira).

Os resultados foram submetidos à análise de variância considerando o efeito de Esterqueira, Método/Região coleta e sua interação, sendo as médias comparadas pelo teste de Duncan com nível de significância de 5%. Foram ainda realizadas análises de variância com modelos mistos, para avaliar separadamente a influência dos fatores Esterqueira e Método/Região coleta sobre a relação entre o P e o RM das amostras analisadas.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na TABELA 1 são apresentadas as médias de MS, RM, MO e P de acordo com a metodologia de amostragem empregada. Não houve interação significativa entre Método/Região coleta e Esterqueira para nenhuma variável ($P > 0,37$), com exceção do RM ($P < 0,05$) para o qual as diferenças entre metodologias variaram em função da esterqueira. Isto pode ter relação com a dinâmica de fluxo e de sedimentação dos efluentes em cada esterqueira. Considerando a diferença de tamanho, e que na Esterqueira 1 havia um local para entrada e saída de efluentes enquanto que na Esterqueira 2 havia somente uma entrada, é aceitável supor que havia diferenças na deposição dos sólidos insolúveis em diferentes regiões das mesmas. A forma com que os sólidos são depositados em determinada esterqueira poderá depender da forma, tamanho, velocidade, volume e frequência de entrada de efluentes na mesma.

TABELA 1 - MÉDIAS E DESVIO PADRÃO DE MATÉRIA SECA (MS), MATÉRIA ORGÂNICA (MO), RESÍDUO MINERAL (RM) E FÓSFORO TOTAL (P) EM AMOSTRAS DE EFLUENTES

Método/ Região coleta	MS (%)	MO (%)	RM (g/kg)		P (ppm)
			Esterq. 1	Esterq. 2	
Método 1	3,15 ± 1,37 c	3,08 ± 1,31 c	0,49 ± 0,16 c	0,81 ± 0,82 c	27,68 ± 18,26 b
Método 2	9,03 ± 2,56 ab	8,74 ± 2,45 ab	2,69 ± 1,12 b	3,28 ± 1,30 a	165,63 ± 80,07 a
Borda	10,19 ± 1,76 a	9,85 ± 1,65 a	4,30 ± 0,61 a	2,32 ± 0,83 ab	167,95 ± 50,26 a
Intermédio	7,52 ± 3,14 b	7,34 ± 3,02 b	1,97 ± 1,76 b	1,78 ± 0,74 bc	121,47 ± 69,66 ab
Centro					
Probabilidade					
Esterqueira	0,840	0,867	0,345		0,909
Método/ Região coleta	<0,001	<0,001	<0,001		0,071
Interação	0,371	0,398	<0,049		0,485
CV (%) ^b	29,97	29,66	47,73		56,89

^aMédias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste Duncan, com a probabilidade de 5%. ^bCV = coeficiente de variação.

Em geral, os teores de MS, RM, MO nas amostras obtidas com o Método 2 foram significativamente superiores aos das obtidas com o Método 1 ($P < 0,001$), com a mesma tendência para o teor de P ($P = 0,071$). Estes resultados estão coerentes com a diferença metodológica, uma vez que o método existente permite a coleta apenas da parte líquida do efluente, enquanto que o Método 2 permite a amostragem do perfil de sedimentação em proporção similar ao presente na esterqueira. Além disso, o método proposto permitia também a coleta da matéria superficial (crosta) nos pontos avaliados, o que pode ter contribuído também para os maiores valores de MO com essa técnica. Os resultados obtidos com este método permitem inferir que a quantidade de minerais nos efluentes de suinocultura armazenada em esterqueiras pode estar subestimada em literaturas que empregaram métodos de amostragem que resultaram em coleta apenas da fração líquida ou em suspensão.

Os resultados de MS obtidos com o Método 1 foram semelhantes ao encontrado em pesquisa realizada por SCHERER et al. (1996), que coletou amostras, em 78 esterqueiras com alimentação contínua e 40 bioesterqueiras em granjas de terminação da região oeste de Santa Catarina, apenas do material líquido a uma profundidade de aproximadamente 1m da superfície, obtendo um teor de matéria seca de aproximadamente 3,8%.

Quanto aos teores de P, o mesmo autor obteve valores variando desde traços até 88 ppm, resultando em um valor médio de 23,7 ppm de P_2O_5 , valor próximo ao obtido com o Método 1.

Entre as regiões de coleta do Método 2 observou-se que os pontos próximos ao Centro das esterqueiras apresentaram as menores médias, seguido pela Borda e Intermédio para MS, MO e P. Quanto ao RM, na Esterqueira 1 os pontos localizados no Intermédio apresentaram teores superiores a Borda e Centro, entretanto na Esterqueira 2, as médias da Borda foram superiores, seguido pelo Intermédio e Centro. Isto indica a possibilidade de diferença na composição mineral em suspensão e sedimentada em cada uma, o que pode ser decorrente de diferenças no tempo que os efluentes estão armazenados em cada esterqueira, bem como da dinâmica de fluxo e de sedimentação de efluentes.

A predição do teor de P (ppm) a partir do teor de RM (g/kg), com base na matéria natural, resultou na equação $P = 21,30 + 47,31 \times RM$ ($r^2 = 81,52$; DPR = 32,39; $P < 0,01$). Não houve efeito significativo dos métodos/regiões coleta sobre o intercepto ($P = 0,47$) ou sobre a inclinação ($P = 0,28$), mas um possível efeito do Método 1 não pode ser efetivamente avaliado devido a insuficiente quantidade de dados de P com esse método. A inclusão do fator Esterqueira não alterou significativamente o intercepto ($P = 0,92$), mas interferiu significativamente na inclinação da regressão ($P = 0,011$), aumentando a eficiência da predição ($r^2 = 86,13$; DPR = 28,67; $P < 0,001$). Assim foram geradas duas equações de predição do P a partir do RM, com intercepto único (FIGURA 2).

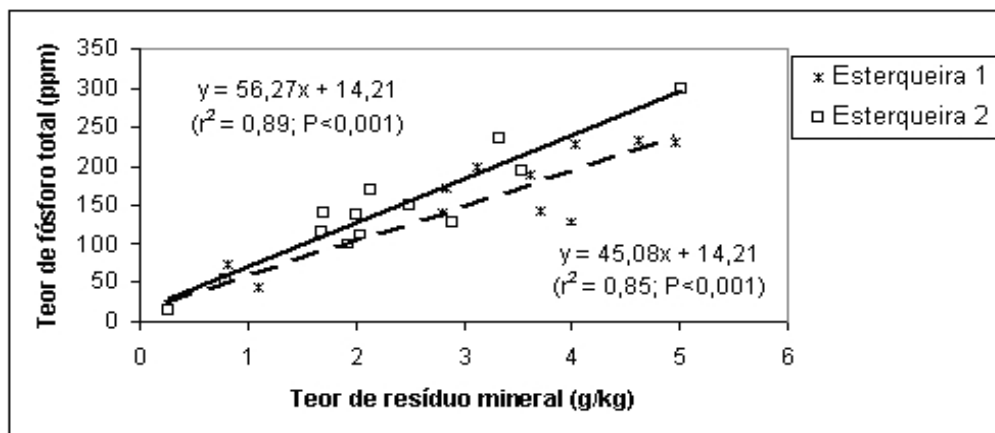


FIGURA 2 - PREDIÇÃO DO TEOR DE FÓSFORO A PARTIR DO TEOR DE RESÍDUO MINERAL EM AMOSTRAS DE EFLUENTES, DADOS COM BASE NA MATÉRIA SECA

1.4 CONCLUSÕES

O Método 2 permitiu coletar amostras tanto do material sedimentado quanto do líquido nas esterqueiras, o que não ocorre com o método de referência, que coleta apenas material líquido.

O trabalho torna evidente a necessidade do planejamento do número e distribuição dos pontos de coleta em esterqueiras para obtenção de amostras representativas de efluentes de suinocultura.

Embora seja possível estimar a concentração de P a partir de medidas mais simples, como o MS e o RM, as relações entre essas variáveis não são fixas e os fatores de influência precisam ser melhor estudados.

REFERÊNCIAS

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**, 16.ed, v.2, p.5-9, 1995.

BERTHIAUME, P. et al. Dynamic simulation model of nitrogen fluxes in pig housing and outdoor storage facilities. **Elsevier**, v.92, p.453-467, 2005.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY - EPA. National pollutant discharge elimination system. **General information on concentrated animal feeding operations**: Appendix E – Animal waste sampling. Capturado em 02 jun. 2008. Online. Disponível na Internet: http://www.epa.gov/npdes/pubs/cafo_manure_guidance_appendix.pdf

DIESEL, R. et al. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPQA, 2002. 31 p. (Boletim Informativo de Pesquisa, 14).

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Pecuária 2006**. Capturado em 06 fev. 2008. Online. Disponível na internet: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>.

KOLLING, J.A. **Estudo da concentração e manejo dos dejetos suínos nas micro-bacias dos córregos Ajuricaba e Curvado**. 2006. 55f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

KONZEN, E.A. **Manejo e utilização de dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 1983. 32p. (Circular Técnica, 6).

KUNZ, A.; PALHARES, J.C.P. **A importância do correto procedimento de amostragem para avaliação das características dos dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2004. 4p. (Comunicado Técnico, 362).

SOUZA, M.L. de P. et al. Potencialidade, aspectos ambientais e riscos associados à disposição final de esterco suíno líquido em terras das regiões oeste e sudoeste do Estado do Paraná. **In:** Projeto de controle de contaminação ambiental decorrente da suinocultura no estado do Paraná. Curitiba: PNMA II – Suínos Paraná, 2003. 162p.

SCHERER, E.E.; AÍTA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 46p. (Boletim Técnico, 79).

ULKOSKI, E. **Estudo da concentração e manejo dos dejetos suínos em propriedades situadas na bacia no rio Toledo**. 2006. 51f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia). Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

CAPÍTULO 2 - PRODUÇÃO E CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES DE GRANJAS DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS COM DIFERENTES CONDIÇÕES CONSTRUTIVAS E DE MANEJO

RESUMO - O objetivo do trabalho foi quantificar, em granjas com diferentes condições construtivas e de manejo, o gasto de água e a contribuição da água da chuva sobre a quantidade e a qualidade do efluente produzido, bem como as consequências sobre os custos de transporte e o seu potencial de utilização para produção de biogás. Foram coletadas quatro amostras do efluente durante a produção de um lote de quatro granjas de terminação (granjas A e B, condições adequadas, e C e D, condições inadequadas) para determinação da quantidade e análise de matéria seca (MS), resíduo mineral (RM), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N) e fósforo (P). O gasto de água foi medido por meio de hidrômetros e a precipitação por pluviômetro. O gasto de água foi de 12,94, 9,05, 19,56 e 22,05, a quantidade de água da chuva que infiltrou na esterqueira foi de 0,85, 1,13, 3,88 e 7,98 e o volume total de efluente produzido foi de 6,67, 5,22, 8,65 e 14,23 L/suíno/dia para as granjas A, B, C e D, respectivamente. O volume de efluente produzido classificou as granjas em $B < A = C < D$ ($P < 0,001$), com classificação oposta para os teores de MS, MO, RM e P ($P < 0,013$), sendo a quantidade de água no efluente a maior causa da variação. O custo de transporte de efluente foi de 2,34, 1,83, 3,03 e 4,99 R\$/suíno/ano e a estimativa de produção de biogás em um lote foi de 9,58, 10,92, 8,75 e 7,92 kg/suíno para as granjas A, B, C e D, respectivamente. A pluviometria local e as características construtivas das granjas de suínos devem ser consideradas para o dimensionamento de esterqueiras, cálculo do custo com transporte do fertilizante e/ou para produção de biogás.

Palavras-chave: Água. Instalação. Precipitação. Resíduo. Suinocultura.

CHAPTER 2 - EFFLUENTS PRODUCTION AND CHARACTERISTICS OF THE FINISHING PIGS FARMS WITH CONDITIONS CONSTRUCTION AND MANAGEMENT DIFFERENT

ABSTRACT - The objective was to quantify, in farms with conditions construction and management different, the expense of water and the rainwater contribution on the quantity and quality of production effluent and the transport costs impact and their potential for biogas production. Four effluent samples we collected in four farms finishing pig production (A and B, adequate; C and D, inadequate) for determination and analysis of the quantity of dry matter (MS), mineral residue (RM), organic matter (MO), nitrogen (N) and phosphorus (P). The water amount was measured by hydrometer and the precipitation by ombrometer. Water expense was 13.43, 9.55, 19.99 and 24.03, pluvial water added to the storage tanks was 0.85, 1.13, 4.02 and 10.84, and total effluent produced was 6.67, 5.22, 8.65 e 14.23 L/pig/day for farms A, B, C and D, respectively. By the produced effluent, farms were classified as $B < A = C < D$ ($P < 0.001$), with opposed classification for the DM, OM, MR and P effluent

concentration ($P < 0.013$), being the added water in the effluent the principal cause of the variation. The effluent transport cost was 2.34, 1.83, 3.03, 4.99 R\$/pig/year and the estimated biogas production by lot was 9,58, 10,92, 8,75 e 7,92 kg/pig to the farms A, B, C e D, respectively. The local rainfall and the farm constructive characteristics should be considered for tank building, effluent transport calculation and for biogas production estimate.

Key words: Pig production. Rainfall. Slurry. Water.

2.1 INTRODUÇÃO

Na região Sul concentram-se mais de 47% do rebanho suíno Brasileiro, somando mais de 17 milhões de cabeças, em torno de um milhão a mais em relação ao ano de 2006, sendo que o estado do Paraná contribui com aproximadamente 28% do plantel da região Sul, na qual a região oeste do estado aparece como a de maior concentração (IBGE, 2007).

Os efluentes gerados pela suinocultura são potencialmente úteis para uso como fertilizante agrícola, por concentrarem nutrientes prontamente disponíveis para as plantas. O valor fertilizante do resíduo para aplicação no solo é baseado na concentração de nutrientes, como o nitrogênio, fósforo e potássio, sendo o nitrogênio o mais frequentemente utilizado nos cálculos como fator determinante do seu aproveitamento (BLEY JUNIOR, 2003). Dentre as características de composição mais importantes nos efluentes está a matéria seca, que indica o grau de diluição e o valor fertilizante (DIESEL et al., 2002), além de estar relacionada com os teores N, P e K (SCHERER et al, 1996).

Os efluentes de suínos também podem ser utilizados para a produção de biogás, tendo em vista que, em geral, se espera que mais de 70% dos sólidos totais sejam constituídos por sólidos voláteis, substrato potencial para microrganismos produtores de biogás (DIESEL et al., 2002; OLIVEIRA e HIGARASHI, 2006). Porém, diversos fatores podem influenciar no potencial de utilização do efluente para a produção de biogás, dentre eles a diluição dos efluentes em função do desperdício de água nas instalações, o uso de lâmina da água (OLIVEIRA, 2005), a temperatura e o tempo de armazenamento do efluente antes da utilização (AARNINK et al., 1992).

Uma das limitações na utilização e no tratamento de efluentes de suinocultura é a grande variação das características físico-químicas. A concentração

de nutrientes está relacionada com a qualidade dos alimentos consumidos, fase de criação dos animais (CONN et al., 2007), presença ou não de lâmina de água, aspectos construtivos, desperdícios de água nos bebedouros e no manejo de higienização, e ainda vazamentos nas redes hidráulicas que podem influenciar na diluição do efluente, acarretando em diminuição do seu valor como fertilizante (ou como substrato para biodigestão), além de elevação dos custos de coleta, armazenagem, tratamento, transporte e distribuição (SCHERER et al., 1996; KUNZ e PALHARES, 2004; OLIVEIRA, 2002; OLIVEIRA e SILVA, 2006).

De acordo com OLIVEIRA (2002), a perda por gotejamento em bebedouros mal regulados, com pressão de 2,8 kg/cm², pode variar de 26,5 a 150 litros/hora. Quanto à contaminação pela água da chuva, OLIVEIRA (2004) cita que o problema ocorre quando não existe um sistema de drenagem adequado, com entrada de água pluviométrica nos canais abertos de captação de efluente, incluindo a água proveniente do telhado, além de entrada nos depósitos de armazenamento pelo escoamento superficial. A contaminação do efluente com água da chuva deverá então depender diretamente da pluviometria e da área de captação em cada granja.

Entretanto, na Legislação Ambiental do Paraná, por meio da Resolução da Secretaria do Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos n. 031/98, para empreendimentos de suinocultura, adota valores de referência fixos em termos de quantidade e composição do efluente de acordo com a fase de produção do animal, não considerando as infiltrações de água da chuva e possíveis desperdícios por manejo, bebedouros e tubulações.

Embora muitos autores discutam os fatores de influencia na composição dos efluentes de granjas suinícolas, poucos trabalhos têm sido publicados com dados reais de granjas comerciais quanto à variação em sua composição e a quantificação da contribuição de cada fator envolvido.

Desta forma, o objetivo do trabalho foi quantificar, em granjas com diferentes condições construtivas e de manejo, o gasto de água e a contribuição da água da chuva sobre a quantidade e a qualidade do efluente produzido, bem como as consequências sobre os custos de transporte e o seu potencial de utilização para produção de biogás.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo foram utilizadas quatro granjas integradoras de terminação de suínos (TABELA 2), localizadas no município de Marechal Cândido Rondon no oeste do estado do Paraná. Foram classificadas de acordo com o PNMA II – Suínos Paraná (BLEY JUNIOR, 2003), como adequadas ou inadequadas em relação às características construtivas (beirais, canaletas e esterqueiras).

TABELA 2 - DADOS DE UM LOTE MISTO DE QUATRO GRANJAS TERMINADORAS DE UTILIZADAS COMO FONTE DE ESTUDO

Dados	Granja A	Granja B	Granja C	Granja D
Data de alojamento	06/02/08	15/02/08	06/02/08	03/03/08
Período de alojamento (dias)	110	112	110	113
N. de suínos alojados*	680	556	380	160
Capacidade da esterqueira (m³)	345	442	204	55
Mortalidade (n.)*	22	23	12	03
Porte**	Médio	Médio	Pequeno	Mínimo

*Dados fornecidos pelo produtor responsável pela produção.

**De acordo com a Resolução SEMA 031/98 (PARANÁ, 1998).

2.2.1 Aspectos construtivos das instalações

A granja A, considerada adequada, apresentava três barracões de mesmo tamanho (40 x 9 m) igualmente espaçados com 9 m entre barracões, cada um com 16 baias de 5 x 4 m com 14 animais em média por baia. As canaletas de condução de efluente à esterqueira e as de captação do efluente eram abertas e em alvenaria, porém a água da chuva, proveniente da área do telhado, não atingia diretamente as canaletas. O sistema de armazenamento de efluente era aberto de formato circular em alvenaria, com 13 m de diâmetro e 2,6 m de profundidade, sem entrada de água por escoamento superficial da área circundante. Havia dois bebedouros fixos por baia do tipo chupeta.

Na granja B, adequada quanto aos aspectos construtivos, o sistema era composto por dois barracões de mesmo tamanho (50 x 9 m), onde eram alojados separadamente machos e fêmeas, espaçados em 12 m, com 20 baias de 5 x 4,5 m em cada barracão com 14 animais em média por baia. Tanto as canaletas de captação de efluente provenientes das instalações quanto às de condução à esterqueira eram subterrâneas. A esterqueira era aberta, sem entrada de água por escoamento superficial da área circundante, de formato circular em alvenaria, com

15 m de diâmetro e 2,5 m de profundidade. Havia um bebedouro por baia do tipo chupeta dupla com regulagem de altura.

A granja C, do mesmo proprietário da granja A, porém com estruturas separadas, sendo esta considerada inadequada. Havia três barracões de 23 x 9 m, 30 x 9 m e 20 x 11 m com 11, 10 e 8 baias (5 x 4 m), respectivamente com 14 animais em média por baia. No segundo e terceiro barracão havia três e seis baias, respectivamente, na qual o efluente era conduzido para outra esterqueira que não foi avaliada, considerando apenas 254 suínos. Parte das canaletas de captação era aberta possibilitando a entrada da água da chuva e parte era tubulada assim como as canaletas de condução. O sistema de armazenamento de efluente era aberto, de formato circular em alvenaria, com 10 m de diâmetro e 2,6 m de profundidade, com entrada de água por escoamento superficial da área circundante. Os bebedouros eram do tipo chupeta com dois fixos por baia.

Na granja D, inadequada, havia um barracão de 40 x 9 m com 14 baias respectivamente de 5 x 4 m com 12 animais em média em cada uma. As canaletas captação e condução de efluente eram abertas possibilitando a entrada de água da chuva proveniente da área do telhado, além de entrada da água por escoamento superficial da área circundante. A esterqueira era aberta, de formato circular em alvenaria, porém sem revestimento, apresentando 4,85 m de diâmetro e três metros de profundidade. Os bebedouros eram do tipo chupeta com dois fixos por baia.

Em todas as granjas, a limpeza das baias era realizada diariamente mediante raspagem do material duas vezes ao dia, a lavagem completa das baias somente foi realizada após a saída dos animais.

Foi instalado, em cada granja, um hidrômetro no cano de saída da caixa da água, para mensurar o consumo de água durante o período de alojamento de um lote e, para mensuração da precipitação durante o mesmo período utilizou-se um pluviômetro.

A ração fornecida era à base de milho e farelo de soja com adição de fitase, com os níveis nutricionais apresentados na TABELA 3 e a composição analisada na TABELA 4.

TABELA 3 - NÍVEIS NUTRICIONAIS DAS RAÇÕES

Níveis nutricionais*	1º coleta	2º coleta	3º coleta	4º coleta
Proteína (%)	20,05	19,30	17,50	19,25
Fibra Bruta (%)	2,94	3,08	2,92	3,04
Fósforo total (%)	0,46	0,45	0,42	0,47
Fósforo disponível (%)	0,40	0,38	0,36	0,40
Energia Met. (kcal/kg)	3.359	3.350	3.340	3.310
Lisina total (%)	1,18	1,07	0,96	1,12
Metionina total (%)	0,40	0,34	0,30	0,34
Treonina total (%)	0,79	0,74	0,65	0,71

*Níveis nutricionais fornecidos pela integradora.

TABELA 4 - COMPOSIÇÃO ANALISADA E CONSUMO DAS RAÇÕES, COM BASE NA MATÉRIA NATURAL

Coleta	Matéria seca	Matéria orgânica	Resíduo mineral %	Proteína	Fósforo total	Consumo kg
Granja A						
1ª	88,18	83,93	4,25	19,15	0,51	8200
2ª	88,95	85,27	3,68	20,29	0,46	48800
3ª	88,62	85,42	3,20	17,48	0,52	55250
4ª	89,16	85,69	3,47	19,97	0,49	55150
Granja B						
1ª	88,18	83,93	4,25	19,15	0,51	6700
2ª	90,18	86,34	3,84	19,60	0,44	39950
3ª	92,87	89,30	3,57	16,67	0,48	44600
4ª	92,24	88,61	3,64	19,73	0,50	44570
Granja C						
1ª	88,18	83,93	4,25	19,15	0,51	3100
2ª	88,95	85,27	3,68	20,29	0,46	18270
3ª	88,62	85,42	3,20	17,48	0,52	20500
4ª	89,16	85,69	3,47	19,97	0,49	20300
Granja D						
1ª	90,00	86,12	3,88	21,39	0,47	1930
2ª	88,27	85,05	3,22	18,48	0,45	11820
3ª	88,74	85,47	3,27	17,86	0,43	13050
4ª	93,60	89,73	3,87	20,08	0,50	12960

2.2.2 Coletas

Conforme o procedimento da cooperativa integradora, durante o ciclo de produção, desde o alojamento até a saída para o abate, os integrados recebiam quatro rações diferentemente balanceadas. Assim, o ciclo de produção foi dividido em quatro coletas, sendo cada um marcado pela troca de ração, desta forma todas as granjas foram visitadas quatro vezes. Em cada visita foram coletadas amostras do efluente da esterqueira e realizada a leitura no hidrômetro e anotado em tabela. Em cada ocorrência de precipitação era realizada a leitura, pelo produtor, no pluviômetro e registrada em tabela.

Utilizou-se um bastão de madeira de três metros de comprimento com um recipiente de 500 mL acoplado à extremidade para as coletas de efluente. O equipamento foi agitado verticalmente várias vezes para homogeneizar o efluente em cada ponto de amostragem antes de cada coleta. A esterqueira foi dividida em quatro quadrantes iguais e, em cada um eram coletadas duas sub-amostras do material homogeneizado no local. As oito sub-amostras, foram homogeneizadas em um balde e coletadas cinco amostras de 300 mL em potes plásticos. Após cada coleta as amostras foram acondicionadas em uma caixa de isopor com gelo para transporte até serem armazenadas no freezer da Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Posteriormente, as amostras congeladas foram transportadas novamente em caixa de isopor com gelo para a Universidade Federal do Paraná.

2.2.3 Cálculos

Foi calculada a precipitação por animal por dia (L) para as áreas de telhado, canaleta e esterqueira. Calculou-se as áreas de telhado, no qual a água capitada atinge a canaleta (granja D e parte da C), as áreas de canaletas (granja D e parte da C) e esterqueiras (todas as granjas) que são passíveis da entrada de água da chuva.

Foi calculado o gasto de água por suíno por dia, em litros, e medido o volume produzido de efluente, por suíno por dia, em m³, no acompanhamento da criação de um lote em cada uma das granjas.

A produção total de efluente foi medida a partir do volume armazenado na esterqueira após a saída dos animais para o abate, antes da lavagem das instalações, acrescido do volume retirado para aplicação em lavoura, de acordo com informação prestada pelo proprietário ou responsável pela criação.

Foi calculado o custo (em reais) com o transporte do efluente produzido nos quatro sistemas de produção estudados. Considerou-se igual para todas as granjas o tanque distribuidor de 8.000 litros, o trator, o deslocamento de 2 km (ida e volta) da esterqueira ao local de aplicação, o número de animais alojados (300), o custo do combustível de R\$ 2,03 o litro, com consumo de 8 L/h trabalhada, a velocidade média do trator em trabalho de 5 km/h, o custo por hora trabalhada (R\$ 40,00 por 8 horas de trabalho diário), levando-se em consideração como única diferença entre as granjas a quantidade produzida por suíno/dia e qualidade do efluente produzido.

Os valores utilizados para os cálculos foram os aplicados na região durante o período de coletas.

Como o nitrogênio é o nutriente mais frequentemente utilizado nos cálculos de aproveitamento do resíduo suinícola como fertilizante (BLEY JUNIOR, 2003), foi utilizado seu teor (kg/m^3) para fins do cálculo de custo com adubação, com taxa de aplicação de 140 kg de N por hectare por ano, segundo recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC (1995). Foi calculada a produção de efluente e o teor de nitrogênio em um ano, para 300 animais, considerando três lotes por ano.

A produção de biogás foi estimada segundo modelo desenvolvido por AARNINK et al. (1992):

$$\text{Produção biogás (kg)} = (\text{MO}_f/100) \times (1 - \text{CDMO}) \times \text{MO}_i$$

Em que: MO_i é a matéria orgânica ingerida (kg); CDMO é o coeficiente de digestibilidade da matéria orgânica (adotado valor de 83,8%; NOBLET e PEREZ, 1993); MO_f é a matéria orgânica fermentada (%).

A porcentagem de matéria orgânica fermentada (MO_f) foi calculada segundo AARNINK et al. (1992), porém a equação utiliza uma relação negativa entre a concentração de matéria seca e matéria orgânica do efluente, e diversos autores mostram que, em geral, quanto maior o teor de matéria seca, maior a quantidade de matéria orgânica no resíduo (SCHERER et al., 1996; SANTOS et al., 2007), assim foi considerada essa relação como sendo positiva.

$$\text{MO}_f = (0,0013 \times \text{MS} + 0,0196) \times T_e + (0,009 \times \text{MS} + 0,1411)$$

Onde: MS é a matéria seca do efluente e T_e a temperatura do efluente.

A temperatura do efluente foi calculada segundo HANSEN et al. (2006).

$$T_e = 0,75 \times T + 6,3$$

Onde: T é a temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), obtida de relatório diário do Sistema Meteorológico do Paraná, para o município de Toledo, PR (SIMEPAR, 2008).

A produção estimada de biogás (kg) foi calculada considerando uma proporção de 60% de CH_4 e 38% de CO_2 (OLIVEIRA, 2005). Para o cálculo do volume de gases produzido (m^3) foi adotado a massa molar em CNTP (22,4 L/Mol).

2.2.4 Análises estatísticas

Os resultados medidos da produção e composição do efluente em cada coleta foram submetidos à análise de variância para comparação de granjas, considerando o período de alojamento (dias) do lote como covariável, e as médias foram comparadas pelo teste de SNK, com 5% de significância.

2.2.5 Análises laboratoriais

As análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da UFPR. As amostras foram descongeladas ainda fechadas, durante uma noite, para pré-secagem. Imediatamente após a abertura dos recipientes, as amostras de efluentes receberam adição de 10 mL de água sanitária (2,0 a 2,5% p/p de hipoclorito de sódio), para estancar o processo fermentativo.

A pré-secagem foi realizada em recipientes plásticos, em estufa com ventilação forçada a 65°C por 48 horas, com exceção da ração que não sofreu a pré-secagem. As amostras parcialmente secas foram moídas em Graal e secas em estufa de ar forçado a 105°C durante 3 horas, para determinação a matéria seca (MS), e queimadas em mufla a 600°C por 3 horas, para determinação do resíduo mineral (RM). A matéria orgânica (MO) foi determinada por diferença entre a MS e o RM. A adição de água sanitária foi considerada para correção dos valores de MS. O RM foi utilizado para determinação de P, por titulometria, e o nitrogênio foi determinado pelo método Kjeldahl, de acordo com AOAC (1995). Todos os resultados foram expressos com base na matéria natural.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Contribuição da precipitação

A TABELA 5 apresenta a possível quantidade de água da chuva adicionada ao efluente por meio das áreas do telhado, canaletas e esterqueira durante o período de coletas. A pluviometria proveniente da área de telhado foi calculada como sendo

80% do total, considerando-se o coeficiente de escoamento (0,8) proposto por AZEVEDO NETTO et al. (1998).

TABELA 5 - PRECIPITAÇÃO TOTAL (PLUVIÔMETRO) E FRAÇÃO ADICIONADA AO EFLUENTE PROVENIENTE DA ÁREA DE TELHADO (CONSIDERANDO-SE 80%), CANALETA E ESTERQUEIRA

Granja	Precipitação (mm)	Telhado	Canaleta L/suíno/dia	Esterqueira	Total
A	445	0,00	0,05	0,90	0,95
B	389	0,00	0,00	1,16	1,16
C	445	2,24	0,27	1,42	3,93
D	417	6,27	0,52	0,61	7,40

Fica clara a diferença da contribuição de água da chuva nas granjas de diferentes aspectos construtivos. Nas granjas A e B, por possuírem o beiral que impede a entrada de precipitação e canaleta subterrânea, respectivamente, não há água capitada proveniente da área de telhado e também não atinge a área de canaleta, com exceção da propriedade A, nas canaletas de condução do efluente que interligam os três barracões. Na granja C, apesar da área de telhado que capta água ser maior do que a da granja D, somente parte das canaletas é aberta permitindo a entrada da água. Na propriedade D, além de possivelmente toda água proveniente da área do telhado ser adicionada ao efluente por falta de beirais e/ou de tamanho insuficiente, há ainda a adição de água por escoamento superficial das áreas circundantes a esterqueira.

Mesmo a precipitação e a esterqueira da granja A serem superiores à granja D, nesta houve um adicional de 89% de água no efluente proveniente da chuva pela diferença dos aspectos construtivos.

Considerando que os valores de produção de efluente (L/suíno/dia) fornecidos oficialmente na Resolução SEMA 031/98 (PARANÁ, 1998), que são usados para dimensionamento de esterqueiras, e por não considerarem a infiltração de água da chuva, os sistemas de armazenamento de efluentes podem estar sendo subdimensionados dependendo das características construtivas de cada propriedade.

2.3.2 Gasto de água

A FIGURA 3 apresenta o gasto de água e o volume de efluente produzido nas quatro granjas estudadas.

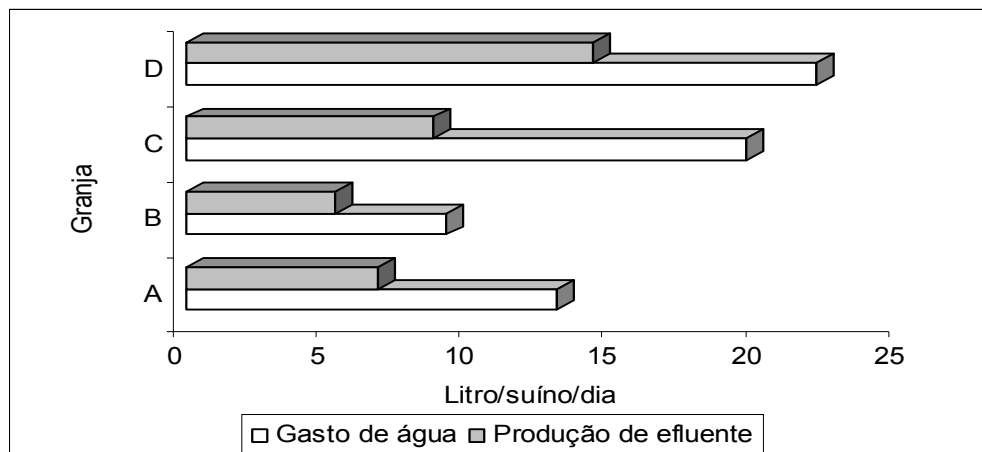


FIGURA 3 - GASTO DE ÁGUA E VOLUME DE EFLUENTE (L/SUÍNO/DIA)

O gasto de água medido em hidrômetro foi de 12,94, 9,05, 19,56 e 22,05 litros por suíno por dia, respectivamente para as granjas A, B, C e D. Observa-se que nas granjas consideradas adequadas, quanto ao PNMA II – Suínos Paraná (BLEY JUNIOR, 2003), são as que apresentam o menor gasto de água e consequentemente a menor produção de efluente.

O desperdício de água nos bebedouros e sistema hidráulico pode ser observado por falta de manutenção e pelo animal, visto que os animais não utilizam a água somente para consumo, mas também para se “molharem” e, no período de medição a temperatura média estava acima da de conforto para a categoria. A temperatura média foi de 23°C para as granjas A, B e C e 21°C para a D e, de acordo com WHITTEMORE et al. (2001) a temperatura de conforto é de 18°C para animais de 60 kg e 17°C para suínos de 100 kg. O gasto de água nas granjas C e D são ainda maiores devido ao desperdício de água observado em vazamentos de bebedouros e canos, principalmente mais acentuados na granja D. Além disso, somente na granja B os bebedouros são móveis permitindo sua regulação conforme altura dos animais, evitando maior perda de água durante o consumo.

De acordo com a Resolução SEMA n. 031 de 24 de agosto de 1998 (PARANÁ, 1998), a exigência de água para o suíno na categoria de 25 a 50 kg é de 4 a 7 litros por animal por dia e para 50 a 100 kg é de 5 a 10 L/suíno/dia (média de 6,5 L).

O gasto de água em todas as granjas apresenta-se superior ao valor padrão da Legislação Ambiental vigente para Empreendimentos de Suinocultura.

NAGAE et al. (2005) avaliando o efluente de suínos em crescimento e terminação, submetidos a dois manejos de higienização de lâminas da água, encontrou um gasto de água médio de 8,3 L/suíno/dia, superior a média do consumo da Legislação e próximo ao gasto da granja B.

PENZ e VIOLA (1995) citam que o desperdício de água de um suíno de 11 a 109 kg de peso vivo, pode chegar a 364 litros no período, quando comparado bebedouros de diferente qualidade.

2.3.3 Produção e características dos efluentes

Os dias de alojamento foram covariável significativa para a produção de efluente medida, RM, N, P ($P < 0,038$) exceto para MO e MS ($P > 0,072$). O volume de efluente produzido classificou as granjas em $B < A = C < D$ ($P < 0,001$), com classificação oposta para os teores de MS, MO, RM e P ($P < 0,013$), sendo a quantidade de água no efluente a maior causa da variação (TABELA 6).

TABELA 6 - PRODUÇÃO MÉDIA DE EFLUENTE E TEORES MÉDIOS DE MATÉRIA SECA, RESÍDUO MINERAL, MATÉRIA ORGÂNICA, FÓSFORO E NITROGÊNIO NO EFLUENTE

Granja	Produção de efluente (L/suíno/dia)	Matéria seca	Matéria orgânica	Resíduo mineral (%)	Fósforo	Nitrogênio
A	6,67 bc	6,22 ab	3,55 ab	2,67 a	0,28 ab	0,32 b
B	5,22 c	7,93 a	4,81 a	3,12 a	0,36 a	0,63 a
C	8,65 b	4,75 bc	3,06 ab	1,68 b	0,20 b	0,19 b
D	14,23 a	2,88 c	1,77 c	1,11 b	0,08 c	0,07 c
Probabilidade						
Dias de alojamento	<0,001	0,074	0,345	0,006	0,007	0,036
Granja	<0,001	0,001	0,013	<0,001	<0,001	<0,001

^aMédias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste S-N-K ($P > 0,05$).

Segundo a Resolução SEMA 031/98 (PARANÁ, 1998), a produção de efluente para a categoria de 25 a 100 kg é de 7 litros por animal por dia.

A produção de efluente para as granjas A e B enquadra-se com o valor definido pela Resolução SEMA 031/98 (PARANÁ, 1998), nas demais a produção é maior devido ao maior gasto de água e maior volume precipitado que adentra ao sistema (TABELA 2), favorecido pelas más condições das instalações e manutenção de bebedouros e encanamentos. NAGAE et al. (2005) cita que a variação no consumo de água tanto para limpeza como para bebida influencia na produção diária de efluente.

Somente na granja B a esterqueira comportaria o volume total produzido durante o alojamento dos animais nas instalações (TABELA 2), isso considerando que não há entrada de água da chuva pela área do telhado ou canaleta e vazamentos em bebedouros e encanamentos. O volume total de efluente produzido foi de 492, 319, 237 e 255 m³ nas granjas A, B, C e D, respectivamente.

O PNMA II – Suínos Paraná (BLEY JUNIOR, 2003) adota como valor referência a produção de 12 litros de efluente por suíno por dia para a categoria terminação (com lâmina da água), considerando que os valores apresentados na Resolução SEMA 031/98 (PARANÁ, 1998) podem não refletir com precisão a totalidade de águas empregadas para a higienização das instalações, nem os freqüentes desperdícios por manejo e eventuais quebras dos sistemas hidráulicos, como tubulações e bebedouros e ainda considerando-se tolerância zero com infiltrações de águas de chuvas. Desta forma, somente a granja D não se enquadra ao PNMA II – Suínos Paraná.

NAGAE et al. (2005), encontrou uma produção média de efluente de suíno em crescimento e terminação criados em lâmina da água de 10,8 L/suíno/dia.

Além do consumo de água e dos aspectos das instalações, outro fator a ser considerado para a elevada produção de efluente é a época de realização do estudo. DALLA COSTA et al. (2004) encontraram o volume de efluente produzido (L/suíno) de 39% maior no verão quando comparado ao inverno, para animais de crescimento e terminação com 84 dias de experimentação.

Os teores de MS, RM, MO, P e N foram mais elevados na granja B, seguido pelas granjas A, C e D. Isso ocorreu, pois a granja B considerada adequada quanto às instalações, não há entrada de água da chuva pela área de telhado e canaleta e pelo menor gasto de água (GRÁFICO 1), assim, observa-se uma menor adição de água ao efluente, caracterizando-o como de maior valor fertilizante.

Segundo SCHERER et al. (1996), no geral, amostras com baixo teor de matéria seca também têm uma baixa concentração em nutrientes, verificado pela relação encontrada entre as concentrações de N e P com o teor de matéria seca do resíduo. Isso foi observado nas granjas C e D que apresentaram menores teores de matéria seca e conseqüentemente de N e P.

MIRANDA et al. (1999) citaram que, quanto maior o teor de matéria seca do efluente, menor será a quantidade de água presente e melhor será a qualidade fertilizante dos mesmos.

De acordo com a Resolução SEMA 031/98 (PARANÁ, 1998) os parâmetros para as características físico-químicas de efluentes de suinocultura para os sólidos totais (matéria seca), N e P totais são em média de 2,24, 0,24 e 0,06%, com variação dos teores de 1,27 a 4,94, 0,17 a 0,37 e 0,03 a 0,12%, respectivamente.

Como apresentado na TABELA 7, vários autores relatam grandes variação nos teores de MS, MO, RM, N e P do efluente.

TABELA 7 - VALORES MÉDIOS E VARIAÇÕES* DOS TEORES DE MATÉRIA SECA (MS), RESÍDUO MINERAL (RM), MATÉRIA ORGÂNICA (MO), NITROGÊNIO (N) E FÓSFORO (P) DE EFLUENTE SUINÍCOLA, SEGUNDO DADOS DE LITERATURA (%)

	SCHERER et al. (1996)	SÁNCHEZ e GONZÁLEZ (2005)	NAGAE et al. (2005)	MATTIAS (2006)	CONN et al. (2007)
MS	3,00 (1,5 a 11,8)	4,24 (0,42 a 19,95)	3,41 (3,30 a 3,51)	3,70 e 4,50	(2,50 a 5,80)
RM	-	1,16 (0,16 a 3,89)	-	-	-
MO	-	3,18 (0,26 a 16,07)	-	-	(1,60 a 4,30)
N	0,29 (0,05 a 0,85)	0,41 (0,11 a 1,21)	0,35 (0,34 a 0,36)	0,12 e 0,11	(0,43 a 0,58)
P	0,24 (traços a 0,88)	0,10 (0,01 a 0,33)	0,16 (0,16 a 0,15)	0,11 e 0,02	-

*Variações em parênteses.

FONTE: O autor (2009).

SÁNCHEZ e GONZÁLEZ (2005) analisaram 52 amostras de efluente de suínos em crescimento e terminação. SCHERER et al. (1996) coletaram, em oito municípios representativos da região oeste do estado de Santa Catarina, 118 amostras de efluente de suínos a uma profundidade de aproximadamente 1 m da superfície. CONN et al. (2007) compararam efluentes provenientes de maternidade, crescimento e terminação e a mistura de ambos. MATTIAS (2006) analisou amostras de duas microbacias em Santa Catarina. Porém não foram encontrados trabalhos que avaliassem as características do efluente considerando as diferenças de aspectos construtivos de granjas.

2.3.4 Custo de aplicação do efluente como fertilizante

Considerou-se a quantidade (produção de efluente medido) e qualidade (teor de nitrogênio) do efluente gerado em cada granja por animal por ano, considerando três lotes ao ano, para comparar o custo de aplicação do resíduo como fertilizante, conforme apresentado na TABELA 8.

TABELA 8 - CARACTERÍSTICAS E CUSTOS PARA A APLICAÇÃO DE EFLUENTE COMO FERTILIZANTE CALCULADOS COM BASE EM UM ANO

	Granja A	Granja B	Granja C	Granja D
Produção de efluente (m³)	2,20	1,72	2,85	4,70
Nitrogênio no efluente (kg)	7,01	10,03	7,10	2,90
Número de tanques necessários (8.000L)	0,28	0,22	0,36	0,59
Custo horas trabalhadas (R\$)	0,55	0,43	0,71	1,17
Custo combustível (R\$)	1,79	1,40	2,32	3,81
Hectares passíveis de fertilização	0,05	0,07	0,05	0,02
Custo total (R\$)	2,34	1,83	3,03	4,99

Como era previsto a granja B e A com a menor produção de efluente, os custos com transporte (suíno/ano) foram mais baixos, além da concentração do nitrogênio ser maior e com isso ser possível fertilizar uma área maior. As áreas passíveis de serem fertilizadas das granjas A e C foram iguais devido ao teor de nitrogênio da granja A não ser muito superior ao da C e pelo fato de que na propriedade C a produção de efluente foi consideravelmente superior, porém com custos mais elevados de transporte.

Além do custo final de transporte das granjas D e C, pela maior quantidade de horas trabalhadas e o maior gasto com combustível, pode haver o gasto adicional com o armazenamento de um maior volume de efluente gerado pelo gasto excessivo de água e infiltrações de água da chuva, podendo inviabilizar o uso para fertilização. De acordo com OLIVEIRA (2004), a incorporação de água ao efluente reduz a qualidade, inviabilizando economicamente o seu uso como fertilizante, além de aumentar a estrutura necessária para o armazenamento e os custos de transporte e utilização.

2.3.5 Estimativa de produção de biogás

A estimativa de produção de biogás foi calculada durante o período de alojamento de um lote para as quatro granjas estudadas é apresentado na TABELA 9.

TABELA 9 - ESTIMATIVA DE PRODUÇÃO DE BIOGÁS E RESPECTIVAS CONCENTRAÇÕES DE METANO (CH₄ - 60%) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂ - 38%) EM EFLUENTES DE UM LOTE

	Granja A	Granja B	Granja C	Granja D
Produção de biogás (kg)	6417,04	5957,27	2180,72	1258,07
Produção de biogás (kg/suíno)	9,58	10,92	8,75	7,92
CH ₄ (m ³)	5376,87	4991,63	1827,24	1054,14
CH ₄ (m ³ /suíno)	8,03	9,15	3,35	6,64
CO ₂ (m ³)	1241,12	1152,20	421,77	243,32
CO ₂ (m ³ /suíno)	1,85	2,11	1,69	1,53

A produção de biogás foi mais elevada nas propriedades A e B e consequentemente, também a concentração de metano e dióxido de carbono, devido ao maior teor de matéria orgânica no efluente das propriedades com melhores características construtivas e com gasto adequado de água.

2.4 CONCLUSÕES

Há grande interferência dos aspectos construtivos no volume e características do efluente.

A precipitação deve ser considerada nos cálculos de dimensionamento de sistemas de armazenamento e/ou tratamento, assim como a adequação das granjas.

A entrada de água adicional à esterqueira, proveniente de bebedouros e canos sem manutenção e/ou água da chuva, dilui significativamente o efluente, diminuindo sua qualidade como fertilizante e potencial de geração de biogás, além de aumentar os custos com transporte.

REFERÊNCIAS

AARNINK, A.J.A.; VAN OUWERKERK, E.N.J.; VERSTEGEN, M.W.A. A mathematical model of estimating the amount and composition of slurry from fattening pigs. **Livestock Production Science**. v.31, p.133-147, 1992.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**, 16.ed, v.2, p.5-9, 1995.

BLEY JÚNIOR, C.J. **Projeto de controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no Estado do Paraná**. PNMA II – Suínos Paraná. Curitiba: Ministério do Meio Ambiente, 2003. 162 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - SC/RS. **Recomendações de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3.ed. Passo Fundo: SBCS, 1995. 223p.

CONN, K.L.; TOPP, E.; LAZAROVITS, G. Factors influencing the concentration of volatile fatty acids, ammonia, and other nutrients in stored liquid pig manure. **Journal of Environmental Quality**, v.36, p.440-447, 2007.

DALLA COSTA, O.A.; COLDEBELLA, A.; LUDKE, J.V. et al. Demanda de água dos suínos em crescimento e terminação criados em cama sobreposta e piso ripado. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE SUINOCULTURA, 2.; CONGRESSO DE SUINOCULTURA DO MERCOSUL, 4., 2004, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campinas: Animal/Wolrd, 2004. p.272-273.

DIESEL, R.; MIRANDA, R.C.; PERDOMO, C.C. **Coletânea de tecnologias sobre dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2002. 31p. (Boletim Informativo de Pesquisa, 14).

HANSEN, T.L.; SOMMER, S.G.; GABRIEL, S. et al. Methane production during storage of anaerobically digested municipal organic waste. **Journal Environmental Quality**, v.35, p.830-836, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Pecuária 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>> Acesso em: 27/12/2008.

KUNZ, A.; PALHARES, J.C.P. **A importância do correto procedimento de amostragem para avaliação das características dos dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2004. 4p. (Comunicado Técnico, 362).

MATTIAS, J.L. **Metais pesados em solo sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. 2006, 164p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

MIRANDA, C.R. de; ZARDO, A.O.; GOSMANN, H.A. **Uso de dejetos suínos na agricultura**. Concórdia: EMBRAPA-CNPNSA, 1999. 2p. (Instrução Técnica para o Suinocultor, 11).

NAGAE R.; DAMASCENO, S.; RICHARD, A. Caracterização do dejetos de suínos em crescimento e terminação criados no sistema de lâmina d'água submetido a dois manejos de higienização. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 23., 2005, Campo Grande. **Anais...** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005, p.1-6.

NARDI, V.K. BOCKOR, L.; OLIVEIRA JÚNIOR, et al. **Caracterização de efluentes de suínos em duas esterqueiras utilizando amostras líquidas e amostras concomitantes do sobrenadante e do perfil de sedimentação**. Submetido à publicação.

NOBLET, J.; PEREZ, J.M. Prediction of digestibility of nutrients and energy values of pig diets from chemical analysis. **Journal Animal Science**, v.71, p.3389-3398, 1993.

OLIVEIRA, L.R.P. de. Biodigestor. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 7.; SIMPÓSIO GOIANO DE SUINOCULTURA, 2., 2005, Goiânia. **Anais...** São Paulo: [s.n.], 2005, p.1-8.

OLIVEIRA, P.A.V. de. **Uso racional da água na suinocultura**. In: PNMA II - Curso de Capacitação em Práticas Ambientais Sustentáveis: treinamentos 2002. Concórdia: EMBRAPA-CNPNSA, 2002. 112p.

OLIVEIRA, P.A.V. de. Tecnologias para o manejo de resíduos na produção de suínos: manual de boas práticas. Concórdia: EMBRAPA-CNPNSA, 2004. 109p.

OLIVEIRA, P.A.V. de; HIGARASHI, M.M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPNSA, 2006. 42p. (Documentos 115).

OLIVEIRA, P.A.V. de; SILVA, A.P. da. **As edificações e os detalhes construtivos voltados para o manejo de dejetos na suinocultura**. Concórdia: EMBRAPA-CNPNSA, 2006. 40p. (Documentos 113).

SANGANFREDO, M.A. Gestão ambiental na suinocultura. In: **Aspectos construtivos na produção de suínos visando aos aspectos ambientais de manejo dos dejetos**. 1.ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2007. p.177-215.

PARANÁ. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução n. 031 de 24 de agosto de 1998. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental, autorização ambiental, autorização florestal e anuência prévia para desmembramento e parcelamento de gleba rural.** Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br>> Acesso em: 20/10/2008.

PENZ, A.M.; VIOLA, E.S. Potabilidade e exigências de água nas diferentes faixas etárias. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VETERINÁRIOS ESPECIALISTAS EM SUÍNOS, 7., 1995, Blumenau. **Anais...** Concórdia: EMBRAPA-CNPISA, 1995. p. 57–67.

SÁNCHEZ, M.; GONZÁLEZ, J.L. The fertilizer value of pig slurry. I. Values depending on the type of operation. **Elsevier Bioresource Technology** n.96, p.1117–1123, 2005.

SANTOS, M.A.A. dos; SCHMIDT, V.; BITENCOURT, V.C. et al. Esterqueiras: avaliação físico-química e microbiológica do dejetos suíno armazenado. **Engenharia Agrícola**, v.27, n.2, p.537-543, 2007.

SARTOR, C.; HAUSCHILD, L.; CARVALHO, A.A. et al. Digestibilidade aparente da dieta e balanço do nitrogênio em suínos de diferentes grupos genéticos com ou sem restrição alimentar. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.617-623, 2006.

SCHERER, E.E.; AÍTA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante.** Florianópolis: EPAGRI, 1996. 46p. (Boletim Técnico, 79).

SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná. **Dados meteorológicos.** [Mensagem de dados]. Mensagem recebida por: <vanessaknardi@hotmail.com>, em 14/11/2008.

WHITTEMORE, C.T.; GREEN, D.M.; KNAP, P.W. Technical review of the energy and protein requirements of growing pigs: energy. **Animal Science**, n.73, p.199-215, 2001.

CAPÍTULO 3 – APLICAÇÃO DE MODELOS DE PRODUÇÃO DE EFLUENTE E BALANÇOS DE NUTRIENTES EM GRANJAS DE TERMINAÇÃO DE SUÍNOS COM DIFERENTES CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS E DE MANEJO

RESUMO - O objetivo do trabalho foi avaliar e integrar modelos de cálculo da produção de efluentes e do balanço de matéria seca, resíduo mineral, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, de lotes de terminação de suínos em sistema confinado com lâmina da água, utilizando dados de quatro granjas comerciais com diferentes características construtivas e de manejo. Para o estudo foram utilizados os dados registrados no capítulo anterior, relativos ao acompanhamento de um lote misto em cada uma das quatro granjas. Foram calculados os balanços de matéria seca (MS), resíduo mineral (RM), matéria orgânica (MO), nitrogênio (N) e fósforo (P). A produção de efluente calculada foi de 11,35, 7,74, 20,95 e 27,36 e medida de 6,67, 5,22, 8,65, 14,23 L/suíno/dia, com diferença entre o calculado e medido de 41, 33, 59 e 48% para as granjas A, B, C e D respectivamente. Essas diferenças, expressas com base na superfície de evaporação livre, foram afetadas pela temperatura ambiente (T) no período ($P < 0,01$), independentemente do tipo de granja ($P > 0,38$), resultando na equação: Diferença (L/suíno/m²/dia) = $42,741 - 1,343 \times T$ ($r^2 = 0,30$; $EPR = 6,33$; $P = 0,029$). Após inclusão do efeito da temperatura no modelo, a produção de efluente calculada corrigida foi respectivamente de 7,78, 4,03, 8,95 e 14,06, com diferença média e IC (95%) de $0,0125 \pm 1,5280$ L/suíno/dia, não diferente de zero (teste t, $P > 0,98$). Após a modelagem a produção de efluente calculada corrigida foi de 7,78, 4,03, 8,95 e 14,06 L/suíno/dia, com diferença corrigida de 15, 28, 3 e 1% para as granjas A, B, C e D, respectivamente. A modelagem com base em aspectos biológicos, estruturais e climáticos pode oferecer estimativa da produção de efluente com precisão e exatidão aceitáveis.

Palavras-chave: Adequação. Modelagem. Resíduo. Suinocultura.

CHAPTER 3 – APPLICATION OF MODELS OF EFFLUENTS PRODUCTION AND NUTRIENTS BALANCE FOR FINISHING PIGS FARMS WITH CONDITIONS CONSTRUCTION AND MANAGEMENT DIFFERENT

ABSTRACT: The objective was evaluate and integrate models for calculating effluent production and dry matter (DM), mineral residue (MR), organic matter (OM), N and P balance, of lots finishing pigs in confined system with water slide using data from four commercial farms with characteristics construction and management different. For the study used data recorded in the previous chapter, for monitoring of mixed lots in each of the four farms. Balance of the DM, MR, OM, N and P were calculated. The effluent production calculated was 11.96, 8.43, 21.73 and 32.40, measure of 6.67, 5.22, 8.65 and 14.23 L/pig/day with difference between calculated and measured was 44, 38, 60 and 56% for farms A, B, C and D respectively. These differences, expressed by the free evaporation surface, were affected by environmental temperature (T) in the period ($P < 0,01$), independently of the farm type ($P > 0,38$), resulting in the equation: Difference (L/pig/m²/day) = $42.741 - 1.343 \times T$

($r^2=0.30$; $EPR=6.33$, $P=0.029$). After inclusion of the temperature effect in the model, the corrected calculated effluent production was respectively of 7.78, 4.03, 8.95 and 14.06, with mean and CI (95%) difference of 0.0125 ± 1.5280 L/pig/day, that was not different of zero (t test, $P>0,98$). Modeling based in biological, building and environmental aspects could offer effluent production estimates with acceptable precision and exactness. Calculations of intake, retention and excretion of nutrients may not reflect with certainty the actual levels of commercial farms.

Key words: Adequacy. Modeling. Pig production. Slurry.

3.1 INTRODUÇÃO

Considerando que a Resolução SEMA n. 031/98 (PARANÁ, 1998) estabelece o valor de produção de efluente por suíno por dia de sete litros e que, segundo dados do IBGE (2007), o rebanho do Brasil era de quase 36 milhões de suínos, dos quais 47% concentrados na região Sul, estimava-se que a produção de efluente fosse de 252 milhões de litros por dia no país e 33,6 milhões de litros de resíduo por dia gerados no Paraná, com rebanho estimado de aproximadamente 4,8 milhões de cabeças,

A quantidade e composição dos resíduos de suinocultura dependem da qualidade dos alimentos consumidos, fase de criação (CONN et al., 2007), criação com ou sem sistema de lâmina de água, características construtivas das instalações, desperdícios de água, contribuição de água pluviométrica (SCHERER et al., 1996; KUNZ e PALHARES, 2004; OLIVEIRA e SILVA, 2006), entretanto a Legislação Ambiental vigente estabelece um valor fixo de produção e composição de resíduo por dia por animal e assim, em alguns casos, as esterqueiras podem estar sendo subdimensionadas e o planejamento de uso de efluentes sendo comprometido.

A estimativa do efeito dos fatores biológicos relacionados aos animais e o manejo alimentar com base em informações de digestibilidade e consumo tem sido alvo de diversos estudos (CONN et al., 2007; SARTOR et al., 2006; OLIVEIRA, et al., 2007; HAUSCHILD, et al., 2004; DOURMAD et al., 1999), porém a produção e a composição do efluente final podem ser ainda muito variáveis, mesmo para animais de mesma fase e genética, e criados com mesma dieta e manejo alimentar, como apresentado no Capítulo 2.

Vários autores estimaram o balanço dos nutrientes, principalmente do N e do P, por meio da criação de modelos (DOURMAD et al., 1999; FERNÁNDES et al., 1999; LOVATTO et al., 2005a; LOVATTO et al., 2005b; VAN DER PEET-SCHWERING et al., 1999), entretanto, essas estimativas partiram de valores teóricos. Outros modelos têm sido realizados para avaliar fatores climáticos e construtivos sobre a produção e composição dos efluentes, porém utilizando dados provenientes de situações experimentais controladas (OLIVEIRA et al., 1998; OLIVEIRA 2003).

O objetivo do trabalho foi avaliar e adaptar modelos de cálculo da produção de efluentes e do balanço de matéria seca, resíduo mineral, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, em lotes de suínos em fase de terminação criados em sistema confinado com lâmina da água, com diferentes características construtivas e de manejo.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o estudo foram utilizados dados apresentados no Capítulo 2, relativos ao acompanhamento de um lote misto (machos e fêmeas) em cada uma de quatro granjas de terminação de suínos integradas da Cooperativa Agroindustrial Copagrill, localizadas no município de Marechal Cândido Rondon no oeste do estado do Paraná. As granjas avaliadas foram classificadas de acordo com o PNMA II – Suínos Paraná (BLEY JUNIOR, 2003), como adequadas (granjas A e B) ou inadequadas (granjas C e D) em relação aos aspectos construtivos (beirais, canaletas e esterqueiras). Todas as quatro granjas possuíam bebedouros tipo chupeta, comedouros basculantes, sistema de lâmina da água e esterqueira de formato circular e aberta. Em todas as granjas mantiveram no período de avaliação o mesmo manejo de limpeza, dietas e arraçãoamento. Os demais fatores como tamanho e lotação das baias, número de animais, período de alojamento, consumo de água, pluviometria local, consumo de ração e retirada de efluente durante o lote, foram avaliados individualmente. A descrição detalhada das granjas e das condições e métodos de coleta e análise de amostras e os demais dados necessários para os cálculos realizados foram relatados no Capítulo 2.

Além dos dados coletados citados no Capítulo 2, também foram coletadas sub-amostras de fezes de 10 baias em média, manualmente com o auxílio de um balde, onde eram homogeneizadas para coleta de três amostras de aproximadamente 500 g e armazenadas em recipientes plásticos. Para a ração também foram coletadas três amostras de 500 g e armazenadas em sacos plásticos.

Os dados climáticos foram obtidos de relatório diário do Sistema Meteorológico do Paraná, para o município de Toledo, PR (SIMEPAR, 2008).

A pluviometria proveniente da área de telhado foi calculada segundo AZEVEDO NETTO et al. (1998) considerando-se 80%.

3.2.1 Produção de efluente

A produção total de efluente foi medida (L) a partir do volume armazenado na esterqueira após a saída dos animais para o abate, antes da lavagem das instalações, acrescido do volume retirado para aplicação em lavoura declarado pelo produtor responsável pela criação. O efluente produzido também foi calculado (E_{cal} , L) pela soma do volume de água do efluente (V_{age} , L), mais a produção de fezes total (F_t , kg) calculada com base na digestibilidade da ração de 87% (SARTOR et al., 2006), acrescido da precipitação (P_{tce} , mm) proveniente da área de telhado, canaleta e esterqueira, em cada coleta e para cada granja (apresentados no Capítulo 2), conforme equação a seguir:

$$E_{cal} = V_{age} + F_t + P_{tce}$$

O volume de água do efluente (V_{age} , L) foi estimado pela equação desenvolvida por AARNINK et al. (1992).

$$V_{age} = H_2O_{ing} - H_2O_{ret} - \Phi_{vap} + H_2O_{met}$$

Em que H_2O_{ing} = soma da água ingerida (gasta) e da água proveniente da ração; H_2O_{ret} = água retida no corpo do animal; Φ_{vap} = vapor de água produzido; H_2O_{met} = água metabólica produzida, (valores expressos em L).

Para o cálculo da H_2O_{ing} , kg, a água gasta foi medida com o uso de hidrômetro e a água da ração foi calculada com base em seu teor de matéria seca.

A água retida no corpo do suíno (H_2O_{ret} , kg) foi estimada em função da quantidade de proteína retida (P_{ret}) (LANGE, 1995 citado por OLIVEIRA, 2003).

$$H_2O_{ret} = k \times 4,889 \times P_{ret}^{0,885}$$

Em que, $k = 1,10$, coeficiente determinado por GREEF (1995).

A retenção diária total de proteína no corpo (P_{ret} , kg) dos suínos em crescimento e terminação foi determinada por um modelo desenvolvido por DOURMAD et al. (1992) a partir do peso vivo vazio (P_{VV} , kg) do suíno.

$$P_{ret} = e^a (P_{VV})^b$$

Onde, e (base do logaritmo neperiano) = 2,7182; $a = -9892 - 0,0145 \times MUS$; $b = 0,7518 + 0,0044 \times MUS$; $MUS = \%músculo$.

A porcentagem de músculo foi determinada, para cada coleta, de acordo com o modelo proposto por TESS et al. (1986).

$$\ln Y = \log(a) + b \log P_{VV}$$

Para o valor inicial de porcentagem de músculo dos leitões com peso médio de 22kg, foi utilizada taxa fixa de 52,25% (SNIZEK JUNIOR, 2002).

O peso vivo vazio (P_{VV}) foi estimado em função do peso vivo (P_V , kg).

$$P_{VV} = 0,915 (P_V)^{1,009}$$

A estimativa de vapor da água (Φ_{vap} , kg/h) produzido pelos animais por coleta foi calculado segundo OLIVEIRA et al. (1998), em função da quantidade de calor necessário para a passagem da água da fase líquida para a fase de vapor, calculado pela equação:

$$\Phi_{vap} = Q_{lan}/L_v$$

Sendo L_v (calor latente de vaporização) = 680 Watt ou kg de água/hora; Q_{lan} = calor latente produzido pelo suíno.

O calor total produzido pelos animais (Q_{tan}) é composto pelo calor sensível (Q_{san}) e pelo calor latente. O calor latente (W/animal) foi calculado como o complemento do calor sensível (OLIVEIRA, 2003).

$$Q_{lan} = Q_{tan} - Q_{san}$$

A produção total de calor produzido (W/animal) pelos suínos nas fases de crescimento e terminação foi calculado de acordo com CIGR, (1984) citado por OLIVEIRA (2003).

$$Q_{tan} = 29 (M + 2)^{0,5} - 40$$

Em que, M é a massa do suíno em kg.

Segundo o mesmo autor, para o cálculo de produção de calor sensível (W/suíno), foi utilizada a equação:

$$Q_{san} = Q_{tan} (0,8 - 1,85 \cdot 10^{-7} (T + 10)^4)$$

Onde, T é a temperatura do ambiente interno da unidade de criação (°C).

A estimativa de água metabólica produzida (H_2O_{met} , g/h) foi estimada segundo OLIVEIRA et al. (1998). de acordo com o dióxido de carbono (CO_2) produzido, pois, para cada molécula produzida, está associada uma molécula de água (H_2O)

$$H_2O_{met} = [\Phi CO_2 / \text{volume molar } CO_2] \text{ massa molar } H_2O$$

Em que: ΦCO_2 = produção de dióxido de carbono; volume molar do CO_2 = 22,41 L; massa molar da H_2O = 18 g.

A produção de CO_2 (L/h) pelos suínos foi então calculada como proposto por OLIVEIRA (2003):

$$\Phi CO_2 = 0,163 Q_{tan}$$

Para avaliar a diferença entre os resultados obtidos do volume de efluentes por mensuração e calculado, a diferença nos resultados do volume final (L) foram expressas como percentagem do volume medido, e essa diferença percentual foi considerada constante durante todo o período de medição.

3.2.2 Balanço de nutrientes

A ingestão (g/animal/dia) de matéria seca (MS), resíduo mineral (RM), matéria orgânica (MO), N e P foi determinada a partir de seus teores na dieta e do consumo de ração.

A excreção de MS, RM e MO (g/animal/dia) foi calculada considerando coeficientes de digestibilidade obtidos de MROZ et al. (2000), respectivamente de 66,5, 21,2 e 70,4%. A retenção (g/animal/dia) de MS, RM e MO foi calculada pela diferença entre o ingerido e o excretado.

A retenção de N foi calculada de acordo com DOURMAD et al. (1992). A excreção de N nas fezes foi calculada considerando a digestibilidade do N de 82,6% (OVERLAND et al., 1999). A retenção de P foi calculada como 6 g/kg de peso vivo (DOURMAD et al., 1999). Considerou-se a digestibilidade de 42,6% para o P, com base em JONGBLOED et al. (1992), para dieta a base de milho e farelo de soja com adição de fitase, como a fornecida aos animais nas granjas. A excreção de N e P na urina foi calculada por diferença.

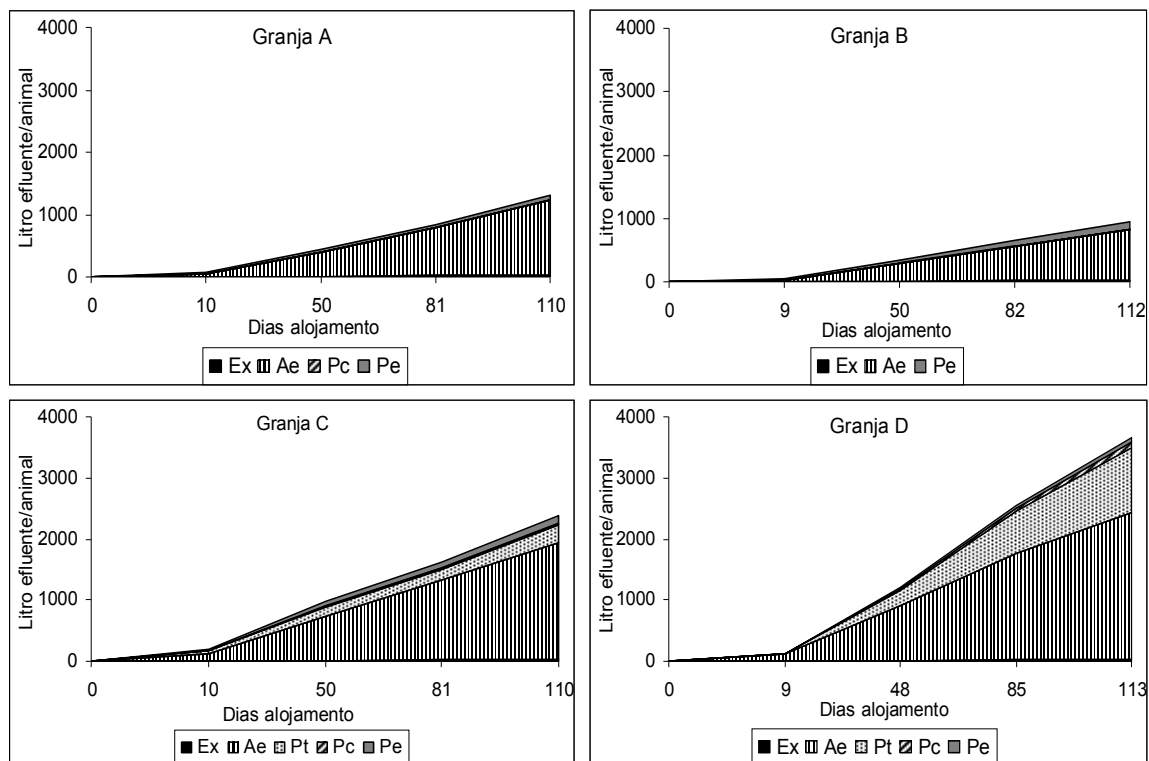
3.2.3 Análises estatísticas

Para estudar o efeito do clima sobre a diferença entre o volume de efluente medido e calculado por modelagem, foi realizada análise de regressão múltipla entre a diferença calculada em cada coleta (L/animal/m²; superfície de água susceptível a evaporação) e as variáveis preditoras médias de temperatura (°C), umidade relativa (%) e velocidade do vento (m/s), mantendo-se no modelo as variáveis com significância de 5%.

Os resultados das diferenças entre o volume calculado e medido foram submetidos à análise de variância em modelo misto, considerando os efeitos qualitativos, dos aspectos construtivos (granjas Adequadas e Inadequadas), quantitativos, das variáveis preditoras significativas, e suas interações. As variáveis climáticas significativas foram utilizadas para desenvolver equações de correção para as perdas por evaporação, volatilização e/ou fermentação, e os desvios dos resultados obtidos com o modelo corrigido foram submetidos ao teste t para avaliação de exatidão e o intervalo de confiança (95%) foi usado para avaliação de precisão.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de efluente calculada foi de 11,35, 7,74, 20,95 e 27,36 litros por suíno por dia para as granjas A, B, C e D respectivamente (FIGURA 4), considerando a precipitação nas áreas de captação de água da chuva (TABELA 5), fezes produzidas e água total do efluente, calculada pelo balanço de água (TABELA 10) durante o período de alojamento de um lote.



Ex: Excreção; Ae: Água no efluente; Pc: Pluviometria na canaleta; Pe: Pluviometria na esterqueira Pt: Pluviometria no telhado.

FIGURA 4 - PRODUÇÃO DE EFLUENTE CALCULADA ACUMULADA DURANTE UM LOTE ($M^3/SUÍNO$)

As grandes diferenças observadas na produção de efluente calculada entre as granjas foram: o volume de água no efluente, principalmente pelo desperdício em vazamentos nos bebedouros e tubulações, e o favorecimento das características construtivas à entrada de água da chuva principalmente a capitada pela área de telhado, nas propriedades inadequadas.

O volume de efluente calculado produzido na granja D é quase quatro vezes superior ao da B, sendo que na propriedade inadequada a contribuição da precipitação no telhado é de 24% do total de efluente na esterqueira. O simples fato de aumentar o beiral do telhado e/ou cobrir as canaletas impede a adição não desejada de água ao efluente pelas características construtivas.

TABELA 10 - VALORES CALCULADOS DE ÁGUA EVAPORADA (Φ_{vap}), ÁGUA METABÓLICA PRODUZIDA (H_2O_{met}), ÁGUA RETIDA (H_2O_{ret}), ÁGUA INGERIDA (H_2O_{ing}) PELO SUÍNO E ÁGUA TOTAL NO EFLUENTE (V_{age} ; BALANÇO DE ÁGUA)

Granja	Φ_{vap}	H_2O_{met}	H_2O_{ret} L/suíno/dia	H_2O_{ing}	V_{age}
A	3,13	0,66	0,32	12,94	10,15
B	3,04	0,66	0,34	9,05	6,33
C	3,13	0,66	0,32	19,56	16,77
D	2,63	0,63	0,33	22,05	19,72

Na TABELA 10 observa-se que a água evaporada, produzida e retida pelos animais é semelhante, porém a grande diferença é verificada na água ingerida (medida pelo hidrômetro) que, além da água consumida pelos animais está contabilizada juntamente os desperdícios em bebedouros e tubulações.

A produção de efluente (L/suíno/dia) medida foi de 6,67 para granja A, 5,22 para B, 8,65 para C e 14,23 para D. A diferença entre o volume de efluente calculado e medido foi de 41, 33, 59 e 48% para as granjas A, B, C e D respectivamente.

Essas diferenças possivelmente ocorreram pelo fato de que as esterqueiras não comportam todo o efluente produzido em um lote, dessa forma era necessário que os produtores retirassem parte do efluente produzido para aplicação em lavouras, sendo assim, possivelmente o volume declarado retirado pode ter sido inferior ao realmente retirado. Parte desta diferença também pode estar relacionada à evaporação ocorrida durante o período de alojamento, além de vazamentos na esterqueira, como foi presenciado na granja D.

Não houve interação significativa entre os fatores Adequação e Temperatura ($P=0,387$), nem efeito principal de Adequação ($P=0,114$), mas sim efeito significativo de Temperatura ($P=0,007$). Assim, foi obtido um modelo único para todas as granjas, para estimar o efeito da temperatura sobre a diferença entre o efluente medido e o calculado por coleta ($L/suíno/dia/m^2$):

$$\text{Diferença} = 42,741 - 1,343 \times T \quad (r^2 = 0,30; \text{EPR} = 6,33; P=0,029).$$

Isto quer dizer que, nas condições em que foram realizadas as medições, sugere-se a adoção de estimativa de perda de volume de efluente proporcional a 1,343 L/suíno/dia para cada °C de temperatura média do período, em cada m^2 de superfície exposta de efluente, provavelmente devido aos efeitos da temperatura sobre a evaporação e fermentação.

Na TABELA 11 são apresentados os valores médios do efluente calculado antes da aplicação do modelo para as granjas, o efluente medido, o efluente

calculado corrigido após modelagem e a diferença corrigida, em porcentagem, entre o efluente medido e o calculado corrigido.

TABELA 11 - MÉDIAS DE EFLUENTE CALCULADO, MEDIDO, CALCULADO CORRIGIDO E A DIFERENÇA ENTRE EFLUENTE MEDIDO E CALCULADO CORRIGIDO

Granja	Efluente calculado	Efluente medido	Efluente calculado corrigido	Diferença corrigida
		L/suíno/dia		%
A	11,35	6,67	7,78	15
B	7,74	5,22	4,03	28
C	20,95	8,65	8,95	3
D	27,36	14,23	14,06	1

As diferenças pós correção, variaram de -1,19 a +1,11 L/suíno/dia, o que mostrou que a temperatura pode influenciar consideravelmente no volume armazenado em granjas com aspectos construtivos que favoreçam à evaporação. A média das diferenças foi de 0,0125 L/suíno/dia, com intervalo de confiança de +/- 1,5280, que não foi diferente de zero pelo teste t ($P > 0,98$).

As TABELAS 12 e 13 apresentam os balanços de MS, RM e MO e, os balanços de N e P, respectivamente, além dos teores encontrados no efluente medido.

TABELA 12 - TEORES DE MATÉRIA SECA, RESÍDUO MINERAL E MATÉRIA ORGÂNICA INGERIDOS, RETIDOS, EXCRETADOS E NO EFLUENTE MEDIDO

Granja	Ingerido	Retido	Excretado	Efluente
		Grama/suíno/dia		
		Matéria seca		
A	2028,14	1348,72	679,43	440,91
B	2050,05	1363,28	686,77	463,13
C	2026,85	1347,86	678,99	427,41
D	2003,10	1332,06	671,04	427,31
		Resíduo mineral		
A	79,37	14,04	65,33	200,54
B	82,83	15,83	67,00	173,58
C	79,34	14,13	65,21	154,17
D	77,26	15,13	62,13	168,60
		Matéria orgânica		
A	1948,77	1374,88	573,90	240,36
B	1967,22	1387,18	580,04	289,55
C	1947,51	1373,99	573,52	273,24
D	1925,84	1357,65	568,19	265,12

Os teores ingeridos, retidos e excretados de MS, RM e MO foram semelhantes entre as granjas, entretanto no efluente as diferenças são maiores entre as propriedades adequadas e as inadequadas. As granjas C e D apresentam

os menores teores de matéria seca e resíduo mineral no efluente, caracterizando-os como de baixo valor fertilizante verificada pela maior adição de água tanto pelo favorecimento de suas características construtivas, quanto pela má manutenção de bebedouros e tubulações. Quanto à matéria orgânica, a propriedade A apresentou o menor valor, entretanto seu teor foi mais elevado (3,55%) quando comparado as granjas inadequadas C (3,06%) e D (1,76%) que tiveram uma produção de resíduo muito superior fazendo com que apresentassem maior quantidade de MO.

As diferenças entre a quantidade excretada e a quantidade no efluente podem ser explicadas em parte pela fermentação que ocorre nos sistemas de armazenamento, como citada por OLIVEIRA e HIGARASHI (2006), em que os resíduos quando submetidos à digestão anaeróbia, perdem exclusivamente carbono na forma de CH_4 e CO_2 , diminuindo a relação C/N da matéria orgânica, o que resulta na mineralização do N e da solubilização parcial de alguns nutrientes.

TABELA 13 - TEORES DE NITROGÊNIO E FÓSFORO INGERIDOS, RETIDOS, EXCRETADOS, NA URINA E NO EFLUENTE MEDIDO

Granja	Ingerido	Retido	Fezes Kg/suíno	Urina	Efluente
Nitrogênio					
A	7,71	2,30	1,52	3,89	2,61
B	7,48	2,28	1,61	3,58	3,74
C	7,71	2,30	1,52	3,89	2,44
D	7,60	2,10	1,52	3,98	1,14
Fósforo					
A	1,23	0,56	0,46	0,21	2,40
B	1,19	0,57	0,44	0,19	2,28
C	1,23	0,56	0,52	0,15	2,06
D	1,16	0,51	0,48	0,17	1,37

De acordo com FERNÁNDEZ et al. (1999) em estudo realizado na Dinamarca, encontraram a ingestão, a retenção e as perdas nas fezes e urina de N de 5,35, 1,97, 1,07 e 2,31 e, para o P de 1,11, 0,39, 0,61 e 0,11 kg por suíno, respectivamente. Na França, DOURMAD et al. (1999) encontraram teores de 6,13, 2,01, 1,04 e 3,08 e, 1,40, 0,48, 0,77 e 0,15kg por animal para a ingestão, retenção e perdas nas fezes e urina de N e P, respectivamente. O mesmo estudo realizado dos Países Baixos por VAN DER PEET-SCHWERING et al. (1999), revelaram o consumo de 6,40 e 1,16, a retenção de 2,14 e 0,43, a excreção nas fezes de 1,09 e 0,65 e na urina de 3,17 e 0,08, respectivamente para o N e o P. Os valores obtidos no trabalho são próximos aos encontrados na literatura, porém observa-se um

consumo de N de aproximadamente 1kg a mais por suíno, com excreção proporcionalmente maior.

Quanto aos teores de N e P no efluente, as diferenças são mais pronunciadas, pois outros fatores estão envolvidos para sua formação, como já citado, assim é notória a diferença entre as granjas B (adequada) e D (inadequada).

As diferenças entre a quantidade excretada (fezes e urina) e a do efluente, de N e P, podem ser explicadas pela digestão anaeróbia, como citada anteriormente e, também, segundo DOURMAD et al. (1999), a quantidade de N no efluente corresponde a 74% do excretado nas fezes, sendo que as perdas de N na forma de amônia nas fezes é de 25% do total de N excretado e, as perdas por volatilização de amônia na esterqueira podem variar de 5 a 10% dependendo das condições e tempo de armazenamento.

As quantidades de MS, RM, MO, N e P no efluente encontrada na literatura são muito variáveis e não especificam os aspectos construtivos e de manejo das granjas utilizadas para o estudo. Entretanto, os teores obtidos no trabalho estão dentro da faixa de valores registrada por SCHERER et al. (1996), SÁNCHEZ e GONZÁLEZ (2005) e CONN et al. (2007).

As quantidades de nutrientes presentes no efluente, citadas nos balanços anteriores (TABELA 12 e 13), são para o volume de efluente medido, sendo que para o efluente calculado a diferença foi de 41, 33, 59 e 48% para as granjas A, B, C e D respectivamente.

Estas diferenças foram elevadas, porém parte delas pode ser explicada pela influência da temperatura e características construtivas das granjas, havendo outros fatores de interferência que não foram estudados. Entretanto não foram encontrados outros trabalhos na literatura que comparassem o volume de efluente por medição e calculado.

3.4 CONCLUSÕES

A modelagem com base em aspectos biológicos, estruturais e climáticos pode oferecer estimativa da produção de efluente com precisão e exatidão aceitáveis em granjas de terminação de suínos.

Os cálculos de ingestão, retenção e excreção dos nutrientes podem não refletir com segurança os níveis reais de granjas comerciais.

3.5 AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a CAPES pelo apoio financeiro, à SIMEPAR pela disponibilidade dos dados meteorológicos, a Cooperativa Agroindustrial Copagril e os produtores envolvidos por disponibilizar as granjas para a execução do trabalho.

REFERÊNCIAS

AARNINK, A.J.A.; VAN OUWERKERK, E.N.J.; VERSTEGEN, M.W.A. A mathematical model of estimating the amount and composition of slurry from fattening pigs. **Livestock Production Science**. v.31, p.133-147, 1992.

AZEVEDO NETTO, **Manual de Hidráulica**, São Paulo: Edgard Blücher, 8.ed., 1998.

BLEY JÚNIOR, C.J. **Projeto de controle da contaminação ambiental decorrente da suinocultura no Estado do Paraná**. PNMA II – Suínos Paraná. Curitiba: Ministério do Meio Ambiente, 2003. 162 p.

CONN, K.L.; TOPP, E.; LAZAROVITS, G. Factors influencing the concentration of volatile fatty acids, ammonia, and other nutrients in stored liquid pig manure. **Journal of Environmental Quality**, v.36, p.440-447, 2007.

DOURMAD, J.Y.; GUILLOU, D.; NOBLET, J. Development of a calculation model for predicting the amount of N excreted by the pig: effect of feeding, physiological stage and performance. **Livestock Production Science**, n.31, p.95–107, 1992.

DOURMAD, J.Y.; GUINGAND, N.; LATIMIER, P. et al. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: France. **Livestock Production Science**, n.58, p.199–211, 1999.

FERNÁNDEZ, J.A.; POULSEN, H.D.; BOISEN, S. et al. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: Denmark. **Livestock Production Science**, n.58, p.225–242, 1999.

GREEF, K.H. **Modelling growth in the pig**. Wageningen: Wageningen Pers, 1995. p.151-163 (EAAP Publication, 78).

HAUSCHILD, L.; LOVATTO, P.A.; GARCIA, .G. et al. Digestibilidade, balanços do nitrogênio e fósforo de dietas para suínos contendo diferentes níveis de trigoilho em substituição ao milho com ou sem adição de enzimas. **Ciência Rural**, v.34, n.5, p.1557-1562, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção Pecuária 2007**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>> Acesso em: 27/12/2008.

JONGBLOED, A.W.; MROZ, Z.; KEMME, P.A. The effect of supplementary *Aspergillus niger* phytase in diets for pigs on concentration and apparent digestibility of dry matter, total phosphorus, and phytic acid in different sections of the alimentary tract. **Journal Animal Science**, n.70, p.1159-1168, 1992.

KUNZ, A.; PALHARES, J.C.P. **A importância do correto procedimento de amostragem para avaliação das características dos dejetos suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2004. 4p. (Comunicado Técnico, 362).

LOVATTO, P.A.; HAUSCHILD, L.; HAUPTLI, L. et al. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura brasileira. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.2348-2354, 2005a.

LOVATTO, P.A.; HAUSCHILD, L.; LEHNEN, C.R. et al. Modelagem da ingestão, retenção e excreção de nitrogênio e fósforo pela suinocultura gaúcha. **Ciência Rural**, v.35, n.4, p.883-890, 2005b.

MROZ, Z.; JONGBLOED, A.W.; PARTANEN, K.H. et al. The effects of calcium benzoate in diets with or without organic acids on dietary buffering capacity, apparent digestibility, retention of nutrients, and manure characteristics in swine. **Journal Animal Science**, n.78, p.2622-2632, 2000.

AZEVEDO NETTO, J.M.; FERNANDEZ Y FERNANDEZ, M.; ARAUJO, R. de. et al. **Manual de hidráulica**. 8.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. 669p.

OLIVEIRA, P.A.V. de. Modelo matemático para estimar a evaporação d'água contida nos dejetos, em sistemas de criação de suínos sobre cama de maravalha e piso ripado, nas fases de crescimento e terminação. **Engenharia Agrícola**, v.23, n.3, p.398-406, 2003.

OLIVEIRA, P.A.V. de; ROBIN, P.; KERMARREC, C.; SOULOUMIAC, D.; DOURMAD, J.Y. Comparaison de l'évaporation d'eau en élevage de porcs sur litière de sciure ou sur caillebotis intégral. **Journées Rech. Porcine en France**, n.30, p.355-361, 1998.

OLIVEIRA, P.A.V. de; HIGARASHI, M.M. **Geração e utilização de biogás em unidades de produção de suínos**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2006. 42p. (Documentos 115).

OLIVEIRA, P.A.V. de; SILVA, A.P. da. **As edificações e os detalhes construtivos voltados para o manejo de dejetos na suinocultura**. Concórdia: EMBRAPA-CNPSA, 2006. 40p. (Documentos 113).

OLIVEIRA, V. de; FIALHO, E.T.; LIMA, J.A. de. et al. Metabolismo do nitrogênio em suínos alimentados com dietas contendo baixos teores de proteína bruta. **Revista Brasileira Agrociência**, v.13, n.2, p.257-260, 2007.

OVERLAND, M.; RORVIK, K.A.; SKREDE, A. Effect of trimethylamine oxide and betaine in swine diets on growth performance, carcass characteristics, nutrient digestibility, and sensory quality of pork. **Journal Animal Science**, n.77, p.2143-2153, 1999.

PARANÁ. Secretaria do Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Resolução n. 031 de 24 de agosto de 1998. **Dispõe sobre o licenciamento ambiental, autorização ambiental, autorização florestal e anuência prévia para desmembramento e parcelamento de gleba rural**. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br>> Acesso em: 20/10/2008.

SÁNCHEZ, M.; GONZÁLEZ, J.L. The fertilizer value of pig slurry. I. Values depending on the type of operation. **Elsevier Bioresource Technology**, n.96, p.1117-1123, 2005.

SARTOR, C.; HAUSCHILD, L.; CARVALHO, A.A. et al. Digestibilidade aparente da dieta e balanço do nitrogênio em suínos de diferentes grupos genéticos com ou sem restrição alimentar. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.617-623, 2006.

SCHERER, E.E.; AÍTA, C.; BALDISSERA, I.T. **Avaliação da qualidade do esterco líquido de suínos da região Oeste Catarinense para fins de utilização como fertilizante**. Florianópolis: EPAGRI, 1996. 46p. (Boletim Técnico, 79).

SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná. Dados meteorológicos. [Mensagem de dados]. Mensagem recebida por: <itamar@simepar.com.br>, em 14/11/2008.

SNIZEK JUNIOR, P.N. **Utilização do conceito de energia líquida para suínos em crescimento**. 2002. 166p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

TESS, M.W.; DICKERSON, G.E.; NIENABER J.A. et al. Growth, Development and Body Composition in Three Genetic Stocks of Swine. **Journal Animal Science**, v.62, p.968-979, 1986.

VAN DER PEET-SCHWERING, C.M.C.; JONGBLOED, A.W.; AARNINK, A.J.A. Nitrogen and phosphorus consumption, utilisation and losses in pig production: The Netherlands. **Livestock Production Science**, n.58, p.213-224, 1999.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O método de coleta proposto no trabalho (Método 2) que amostra tanto a fase líquida quanto a fração sedimentada, mostrou-se eficiente para uma amostragem representativa do total armazenado em esterqueiras de terra compactada, porém quando a mesma metodologia foi empregada em esterqueiras de alvenaria, na qual não haviam o lodo sedimentado para evitar a saída do líquido e sólido coletados, o método não foi eficiente, podendo possivelmente ser evitado o problema com o fechamento da extremidade oposta no momento da coleta.

A produção de efluente medida poderia ter sido melhor estimada se fosse realizado em cada coleta o monitoramento do volume presente na esterqueira por meio da medida da altura da coluna de efluente no sistema de armazenamento.

APÊNDICES

APÊNDICE A - VALORES CALCULADOS, POR COLETA, DE ÁGUA EVAPORADA (Φ_{vap}), METABÓLICA PRODUZIDA (H_2O_{met}), RETIDA (H_2O_{ret}), INGERIDA (H_2O_{ing}) PELO SUÍNO E TOTAL NO EFLUENTE (V_{age} , BALANÇO DE ÁGUA)	61
APÊNDICE B - TEOR DE MATÉRIA SECA POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO E NO EFLUENTE MEDIDO	62
APÊNDICE C - TEOR DE RESÍDUO MINERAL POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO E NO EFLUENTE MEDIDO	63
APÊNDICE D - TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO E NO EFLUENTE MEDIDO	64
APÊNDICE E - TEOR DE NITROGÊNIO POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO NAS FEZES E URINA E NO EFLUENTE MEDIDO	65
APÊNDICE F - TEOR DE FÓSFORO POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO NAS FEZES E URINA E NO EFLUENTE MEDIDO	66

APÊNDICE A - VALORES CALCULADOS, POR COLETA, DE ÁGUA EVAPORADA (Φ_{vap}), METABÓLICA PRODUZIDA (H_2O_{met}), RETIDA (H_2O_{ret}), INGERIDA (H_2O_{ing}) PELO SUÍNO E TOTAL NO EFLUENTE (V_{age} , BALANÇO DE ÁGUA)

Coleta	Φ_{vap}	H_2O_{met}	H_2O_{ret} L/suíno/dia	H_2O_{ing}	V_{age}
Granja A					
1º	2,12	0,40	0,62	7,59	5,25
2º	3,49	0,62	0,18	11,32	8,27
3º	3,52	0,76	0,24	15,18	12,19
4º	3,39	0,87	0,26	17,68	14,90
Granja B					
1º	2,34	0,39	0,68	5,40	2,75
2º	3,33	0,62	0,17	9,21	6,33
3º	3,14	0,76	0,23	10,82	8,21
4º	3,36	0,87	0,25	10,76	8,02
Granja C					
1º	2,12	0,40	0,60	14,55	12,23
2º	3,49	0,62	0,17	18,39	15,35
3º	3,52	0,76	0,23	21,31	18,32
4º	3,39	0,87	0,26	23,97	21,19
Granja D					
1º	2,02	0,37	0,67	14,46	12,14
2º	2,87	0,58	0,18	22,88	20,41
3º	2,91	0,73	0,20	25,12	22,75
4º	2,72	0,83	0,27	25,72	23,57

APÊNDICE B - TEOR DE MATÉRIA SECA POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO E NO EFLUENTE MEDIDO

Coleta	Ingerido	Retido	Excretado	Efluente
Grama/suíno/dia				
Granja A				
1º	1063,39	707,16	356,24	179,56
2º	1611,20	1071,45	539,75	346,61
3º	2375,04	1579,40	795,64	549,61
4º	2565,09	1705,78	859,30	544,89
Granja B				
1º	1180,72	785,18	395,54	127,33
2º	1597,56	1062,38	535,18	463,82
3º	2394,74	1592,51	802,24	579,67
4º	2561,58	1703,45	858,13	438,62
Granja C				
1º	1076,26	715,71	360,55	309,69
2º	1615,36	1074,21	541,14	322,66
3º	2367,77	1574,57	793,20	369,73
4º	2557,79	1700,93	856,86	674,15
Granja D				
1º	1206,26	802,17	404,10	126,59
2º	1677,32	1115,42	561,90	428,55
3º	1974,61	1313,12	661,49	404,15
4º	2750,63	1829,17	921,46	552,82

APÊNDICE C - TEOR DE RESÍDUO MINERAL POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO E NO EFLUENTE MEDIDO

Coleta	Ingerido	Retido	Excretado	Efluente
Grama/suíno/dia				
Granja A				
1º	51,25	10,86	40,38	58,41
2º	66,62	14,12	52,50	120,94
3º	85,81	18,19	67,62	260,75
4º	99,76	21,15	78,61	294,99
Granja B				
1º	56,90	12,06	44,84	63,79
2º	67,98	14,41	53,56	151,58
3º	92,09	19,52	72,57	218,78
4º	101,03	21,42	79,61	188,38
Granja C				
1º	51,87	11,00	40,87	98,93
2º	66,80	14,16	52,64	114,61
3º	85,55	18,14	67,41	134,34
4º	99,47	21,09	78,38	248,99
Granja D				
1º	52,01	11,03	40,99	43,33
2º	61,25	12,99	48,27	184,00
3º	72,74	15,42	57,32	145,45
4º	113,63	24,09	89,54	218,03

APÊNDICE D - TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO E NO EFLUENTE MEDIDO

Coleta	Ingerido	Retido	Excretado	Efluente
Grama/suíno/dia				
Granja A				
1º	1012,15	714,58	297,56	121,14
2º	1544,58	1089,83	454,74	225,67
3º	2289,23	1614,88	674,35	288,86
4º	2465,33	1739,18	726,15	249,90
Granja B				
1º	1123,82	793,42	330,39	63,54
2º	1529,59	1079,02	450,57	312,24
3º	2302,65	1623,16	679,49	360,89
4º	2460,54	1734,74	725,81	250,24
Granja C				
1º	1024,39	723,23	301,16	210,76
2º	1548,56	1092,64	455,92	208,05
3º	2282,22	1609,93	672,28	235,38
4º	2458,32	1734,23	724,08	425,17
Granja D				
1º	1154,25	814,30	339,95	83,27
2º	1616,07	1140,12	475,95	244,55
3º	1901,87	1341,65	560,22	320,26
4º	2637,00	1856,45	780,55	279,37

APÊNDICE E - TEOR DE NITROGÊNIO POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO NAS FEZES E URINA E NO EFLUENTE MEDIDO

Coleta	Ingerido	Retido	Fezes Grama/suíno/dia	Urina	Efluente
Granja A					
1º	36,96	26,24	3,06	1,80	6,92
2º	58,81	21,55	3,70	25,67	20,90
3º	74,96	17,43	5,20	42,60	23,11
4º	91,92	21,91	6,44	52,65	34,08
Granja B					
1º	41,03	23,04	3,34	8,09	15,40
2º	55,56	19,54	3,90	24,19	31,65
3º	68,78	19,96	4,91	32,80	34,68
4º	87,65	21,16	5,45	48,91	39,80
Granja C					
1º	37,40	26,24	3,29	2,14	14,84
2º	58,97	21,55	4,05	25,79	16,49
3º	74,73	17,43	5,24	42,41	22,13
4º	91,66	21,91	6,29	52,44	32,55
Granja D					
1º	45,87	20,09	3,60	16,73	3,04
2º	56,20	18,11	4,07	27,43	9,39
3º	63,58	17,82	4,60	33,10	11,86
4º	94,42	19,89	6,08	54,75	10,85

APÊNDICE F - TEOR DE FÓSFORO POR COLETA, INGERIDO, RETIDO, EXCRETADO NAS FEZES E URINA E NO EFLUENTE MEDIDO

Coleta	Ingerido	Retido	Fezes Grama/suíno/dia	Urina	Efluente
Granja A					
1º	6,17	4,27	1,47	0,43	4,73
2º	8,28	5,21	2,52	0,55	13,38
3º	13,91	5,21	5,75	2,96	26,27
4º	14,06	5,21	5,78	3,08	34,52
Granja B					
1º	6,85	3,74	1,78	1,33	7,09
2º	7,78	5,21	1,79	0,77	14,92
3º	12,44	5,21	5,68	1,55	28,79
4º	13,81	5,04	5,59	3,18	22,71
Granja C					
1º	6,24	4,27	1,38	0,59	10,02
2º	8,30	5,21	2,50	0,59	13,14
3º	13,87	5,21	5,72	2,94	10,50
4º	14,02	5,21	7,86	0,96	38,29
Granja D					
1º	6,31	3,27	2,06	0,99	3,77
2º	8,62	4,70	3,31	0,62	13,49
3º	9,64	4,70	4,08	0,87	9,93
4º	14,74	4,53	6,32	3,88	15,88

VITA

Vanessa Karina Nardi, filha de Neli Ana Finkler Nardi e Eloir Francisco Nardi, nasceu no dia 25 de julho de 1984 no município de Toledo, PR.

Cursou o Ensino Médio no Colégio Estadual Presidente Castelo Branco no município de Toledo, PR.

No ano de 2002 iniciou o curso de Zootecnia na Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, Campus de Marechal Cândido Rondon, PR. Concluindo em 2006, recebendo o título de Zootecnista.

Em março de 2007, iniciou o Curso de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias na Universidade Federal do Paraná – UFPR.